

**ISSN 0355-1180**

**HELSINGIN YLIOPISTO**

**Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto**

**EKT-sarja 1920**

**PERUNAN EUROOPPALAISTEN KEITTOTYYPPIESTIEN VERTAILU**

**Laila Matikainen**

**Helsinki 2019**

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Maatalous-metsätieteellinen		Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author Laila Kristiina Matikainen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Perunan eurooppalaisten keittotyyppitestien vertailu			
Oppiaine — Läroämne — Subject Elintarviketeknologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterin tutkielma	Aika — Datum — Month and year Lokakuu 2019	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 113	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tämä maisterin tutkielma vertailee perunan kaupallisen keittotyyppin määrittämisen testejä Suomessa ja Euroopassa. Keittotyyppi käsittää perunan rakenteelliset ominaisuudet, joita kuvataan termeillä jauhoinen ja kiinteä tai tyypeillä A-D. Työn ulkopuolelle jätettiin keittolaadun muut mittarit, kuten väri, maku ja haju. Tutkielman pääpaino oli eurooppalaisten keittotyyppiä määrittävien keittotestien kartoituksessa ja mittarien vertailevassa testissä eri lajikkeille. Koska mittarien käyttö ja termistö poikkeavat hieman toisistaan eri maissa, työssä pohdittiin erojen merkitystä saatavaan keittotyyppitulokseen.</p> <p>Tutkielmassa tehtiin mittarien vertailu seitsemälle lajikkeelle seitsemällä eri mittarilla ja yhteensä 12:lla eri mittaustavalla. Tutkielman keskeinen mittausten menetelmä oli aistinvarainen arviointi kuvailevalla menetelmällä. Mittareita käytettiin mahdollisimman yksiselitteisinä, kuten jauhoisuus ulkonäön perusteella ja jauhoisuus tunnustelemalla suussa. Aistinvaraisten arvioiden lisäksi testiin otettiin mukaan kokeilut rakennemittarilla, hyperspektrisellä kuvantamisella ja värimittarilla. Analyysin tavoitteena oli tarkastella mittaristokokonaisuuksia, ja havainnoida kokonaisuuksien ulottuvuuksia akselilla kiinteä – jauhoinen, sekä tästä riippumattomia itsenäisiä ulottuvuuksia, jotka monipuolistaisivat keittotyyppin kuvausta. Tuloksia tarkasteltiin tilastollisesti yleistetyllä lineaarisella mallilla sekä korrelaatioiden ja pääkomponenttianalyysin avulla.</p> <p>Tutkielmassa havaittiin, että eurooppalaiset tavat määrittää keittotyyppi eroavat jonkin verran toisistaan, ja rajatapauksissa eroavat tulokset ovat mahdollisia. Keittotyyppin määrittämisen kokonaisuudet sisältävät mittariston lisäksi myös menettely- ja laskentatavat, eikä näitä voi erottaa kokonaisuudestaan. Yleisesti eurooppalaiset mittaristot ovat vahvasti rakennettuja tukemaan kiinteä – jauhoinen akselia. Tutkielman tulokset tukevat sitä, että kovuus/pehmeys on erillinen itsenäinen ulottuvuus, ja erityisesti rakennemittarilla määritetty kovuus erotteli lajikkeet selkeästi. Rakenteen tasajakoisuus ei erottunut tässä tutkimuksessa omaksi ulottuvuudekseen, vaikka sen tarjoamaa tietoa tarvittaisiinkin. Aistinvaraisessa vertailussa ulkoinen havainnointi ja suutuntumalla arviointi tuottivat keskenään samankaltaisia tuloksia, paitsi kovuuden arvioinnissa. Instrumentaaliset määriykset erottelivat lajikkeet selkeämmin kuin aistivaraisten. Värimittauksella analysoitu keittohajoaminen yhdistettynä tärkkelyspitoisuustietoon on kehityskelpoinen keittotyyppin määrittämisen instrumentaalinen mittariyhdistelmä.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords peruna, eurooppalainen, keittotyyppi, keittotesti, keittohajoaminen, keittolaatu, kuvaileva menetelmä, aistinvarainen arviointi			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Helsingin yliopiston digitaaliset opinnäytteet, E-thesis			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information EKT-sarja 1920.			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Faculty of Agriculture and Forestry		Department of Food and Environmental Sciences	
Tekijä — Författare — Author Laila Kristiina Matikainen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title  A study on European versions of potato cooking test descriptor combinations			
Oppiaine — Läroämne — Subject Food Technology (General Food Technology)			
Työn laji — Arbetets art — Level M. Sc. Thesis		Aika — Datum — Month and year November 2019	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 113
<p>This Master's thesis compares the commercial cooking tests of potatoes in Finland and Europe. The cooking type comprises the structural properties of potato, which are described e.g. in terms of floury and waxy or types A-D. Other measures of cooking quality, such as color, taste and odor, were excluded from the work. The main focus of the thesis was on the survey of European cooking type tests and on the comparative study of descriptors for different varieties. As the use of descriptors and terminology differ slightly from one country to another, the significance of the differences in the resulting cooking type result was also considered.</p> <p>In the study, seven varieties with seven different meters and a total of 12 different measuring methods were compared. The key method of the thesis was sensory evaluation by descriptive method. The descriptors were used as unambiguously as possible, such as evaluating flouriness by appearance and by palpation in the mouth. In addition to sensory evaluations, experiments with structure analysis, hyperspectral imaging, and color measurement were included in the study. The purpose of the analysis was to look at the descriptor ensembles, and to observe their dimension on the axis waxy - floury and possible other independent dimensions that would diversify the description of the cooking quality. The results were examined statistically by means of generalized linear models, correlations and principal component analysis.</p> <p>The thesis concluded that there are some differences between European ways of determining the cooking type, and in borderline cases, different results are possible. In general, European descriptor ensembles are strongly built to support the waxy-floury axis. In addition to the descriptor ensembles, the cooking type determination include procedures and calculation methods and cannot be separated from the whole. The results of the study support the fact that hardness/softness is an independent dimension, and hardness determined by the texture analyzer clearly distinguished the varieties. In sensory comparison, external observation and mouthfeel evaluation produced similar results, except for hardness assessment. The instrumental methods distinguished the varieties more clearly than sensory evaluation. Disintegration analyzed by color measurement and starch content is a viable combination for cooking type determination.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords potato, cooking test, descriptor, cooking type, cooking quality, sensory quality, descriptive method			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Helsingin yliopiston digitaaliset opinnäytteet, E-thesis			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information EKT-sarja 1920.			

## Käytetyt lyhenteet

AGES	Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Itävalta
ARVALIS	Arvalis Institut du Vegetal, Ranska
ASTRA	Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale, Italia
BSA	Das Bundessortenamt, Saksa
CRA-W	Walloon Agricultural Research Centre - CRA-W, Belgia
DM	Metyloitumisaste
EAPR	European Association for Potato Research
GalpA	Galakturonihappoyksikkö
HG	Homogalakturnaani
HZPC	HZPC. Kansainvälinen perunansiemen- ja perunalajikeyhtiö, joka on muodostunut Hettema ja ZPC yhtiöistä. Hollanti.
INIA	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Espanja
MTT	Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
MTT	Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, yhdistynyt osaksi Luonnonvarakeskusta
NIR	Near-infrared spectroscopy, lähi-infrapunaspektroskopia
NMR	Nuclear magnetic resonance, ydinmagneettinen resonanssi
PETLA	Perunantutkimuslaitos
PPP	Parempaa Perunaa Pohjoisesta -hanke
RG	Ramnogalakturnaani
SHL	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, Sveitsi
SIK	Institutet för Livsmedel och Bioteknik, Ruotsi. Liitetty osaksi Jordbruk och livsmedel -yksikköä, joka puolestaan kuuluu RISE-divisioonaan Biovetenskap och Material
SP	Svensk Potatis AB, Ruotsi. Yhtiön omistaa Stiftelsen Potatisbranschen.
TPA	Texture Profile Analysis, rakenneporfiilianalyysi

## ESIPUHE

Tämä maisterin tutkielma tehtiin Parempaa Perunaa Pohjoisesta -hankkeelle (A72073), ja toimeksiantajana oli hankkeen hallinnoija Luonnonvarakeskus (Luke) Oulun Tuotantojärjestelmät -yksikkö. Hankkeessa yhtenä tavoitteena oli keittolaatutestauksen kehittäminen. Työn aihe muotoutui tehdessäni kyseiselle hankkeen tutkimusnäytteille tarkkelyksen sijoittumisen määrityksiä. Tutkielman pääpaino oli eurooppalaisten keittotyyppiä määrittävien keittotestien kartoituksessa ja tavattujen mittarien eri menettelypojen vertailevassa testissä eri lajikkeille. Tutkielman tutkimusosion pääasiallinen suorituspaikka oli Seinäjoen Ammattikorkeakoulun (SeAMK) Ruoka yksikön laboratoriot, ja osa työstä suoritettiin Luke Oulun laboratoriossa. Pääosa tutkimustyöstä on tehty kevään 2019 aikana.

Tutkielman tekijän lisäksi tämän työn tekemistä ovat tukeneet seuraavat henkilöt: Tutkielman ohjaajana ja valvojana on Laila Seppä, ETT, DI, Helsingin yliopisto. Laila Seppä keskittyi erityisesti aistinvaraiseen arviointiin liittyviin kysymyksiin. Toimeksiantaja Luonnonvarakeskus Oulun edustajana oli erikoistutkija Anna-Liisa Välimaa, FT. Anna-Liisa Välimaan vastuulla oli Parempaa Perunaa Pohjoisesta -hankkeen vastuutahona perunalajikkeiden valinta sekä hyperspektraalisen kuvantamisen resurssointi. Lisäksi Elintarvikekehityksen tutkimusprofessori Anu Hopia, ETT, Turun yliopistosta toimi erityisasiantuntija perunan kemiallisten ominaisuuksien muutoksissa.

Haluan kiittää ETT DI Laila Seppää arvokkaasta ja asiantuntevasta ohjauksesta, FT, erikoistutkija Anna-Liisa Välimaa innostavasta ja monipuolisesta näkökulmasta aiheeseen, ETT professori Anu Hopiaa pitkäaikaisesta tuesta omalla opintielläni sekä MMT Marjo Sereniusta asiantuntevista kommentteista tutkielman valmiiksi saattamiseksi. Kiitän myös SeAMK:n Ruoka-yksikön henkilökuntaa ja Seinäjoen Elintarvikekehityksen tutkijaryhmää arvokkaasta tuesta tutkielman suorittamiseksi.

Tutkielmassa on viitattu vuonna 2012 tekemääni 'Kypsymisen kuvausmenetelmä, perunan kypsyamisprosessi' insinöörin opinnäytetyöhön, ja tämä tutkielma on looginen jatko kyseiselle työlle (Matikainen 2012).

# SISÄLLYS

1	Johdanto.....	8
2	Kirjallisuuskatsaus.....	11
2.1	Perunan saapuminen Eurooppaan .....	11
2.2	Perunan käyttö Suomessa ja Euroopassa .....	12
2.3	Kypsän perunan rakenteeseen vaikuttavat kemialliset ja rakenteelliset tekijät.....	14
2.3.1	Perunan pehmeneminen ja kypsennysaika.....	15
2.3.2	Perunan solu, solukoko ja sen rakenteet .....	16
2.3.3	Pektiinirakenteet ja niiden osuus kypsennyksen aikana tapahtuvissa rakennemuutoksissa .....	18
2.3.4	Tärkkelyksen geeliytyminen .....	20
2.4	Keittolaatu ja keittotyyppin määrittäminen Euroopassa .....	21
2.4.1	Keittotyyppiin liittyvät ominaisuudet .....	22
2.4.2	Keittoluokat Euroopassa .....	29
2.4.3	Erilaisia perunan keittolaadun määrittämisen kokoonpanoja Suomessa ja Euroopassa .....	30
2.4.4	Instrumentaaliset menetelmät perunan rakenteellisten ominaisuuksien määrittämisessä .....	34
2.4.5	Kuvaileva menetelmä keittotyyppin aistinvaraisessa arvioinnissa .....	38
2.4.6	Suutuntumalla ja ulkoisesti tapahtuva rakenteen aistivarainen arviointi ....	40
2.4.7	Keittotyyppin pisteyttäminen ja laskentatavat .....	41
2.4.8	Keittotavat keittokokeessa .....	46
2.4.9	Yhteenveto selvityksen tuloksista.....	46
3	Kokeellinen tutkimus .....	48
3.1	Tavoitteet.....	48
3.2	Tutkimuksen materiaalit ja menetelmät .....	48
3.2.1	Koesuunnitelma: Tutkittavat mittarit ja ominaisuudet.....	49
3.2.2	Tutkittavat näytteet .....	50
3.2.3	Keittotavan valinta .....	51
3.2.4	Arvioijien koulutus .....	52
3.2.5	Näytteiden käsittely ja koodaus .....	53
3.2.6	Aistinvaraisen arvioinnin toteutus .....	54

3.2.7	Muut määritykset .....	55
3.2.8	Tulosten käsittely .....	59
3.3	Tutkimuksen tulokset .....	60
3.3.1	Aistinvaraiset arvioinnit .....	60
3.3.2	Muut mittaustulokset .....	64
3.3.3	Kaikkien mittareiden vertailu .....	69
3.3.4	Eri mittarikokoonpanojen tuottamia keittotyyppituloksia .....	72
3.4	Pohdinta.....	77
3.4.1	Suutuntumalla ja ulkoisesti arvioitujen ominaisuuksien vertailut .....	77
3.4.2	Kovuuden, koostumuksen ja kiinteyden määrittäminen .....	78
3.4.3	Eri mittarikokoonpanoilla määritetyt keittotyypit .....	80
3.4.4	Tutkielmassa kokeiltujen instrumentaalisten määritysten käytön onnistumiset ja haasteet .....	80
3.4.5	Keittotavan merkitys .....	81
3.4.6	Mittaristojen ulottuvuudet.....	82
4	Päätelmät .....	85
5	Lähdeluettelo .....	87
	Liitteet .....	92

## 1 JOHDANTO

Etelä-Amerikan Andeilta lähtöisin oleva peruna valloitti eurooppalaiset ruokapöydät suvereenisti 1800-luvulla noin 250 vuotta Eurooppaan saapumisensa jälkeen (Reader 2009). Menestyksekkään euroopan valloituksen jälkeen peruna kohtasi myös vastoinikäymiset: taudit ja kylmät olosuhteet, mutta peruna oli tullut Eurooppaan jäädäkseen. Readerin mukaan etsikkoajan jälkeen perunanviljely ja siihen liittyvä osaaminen, kuten lajikekehitys ja kasvinsuojeluaineiden käyttö ovat parantaneet vuotuisia satoja ja perunan menestyksen edellytyksiä pohjoisella pallonpuoliskolla. Nykyisin peruna on yksi viljellyimmistä ravintokasveista etenkin Suomessa mutta myös muualla Euroopassa, kuten myös Etelä- ja Pohjois-Amerikassa.

Lajikekehityksen myötä ovat kehittyneet myös laadun arvioinnin kriteeristöt. Perunan keittolaadun määrittämisellä on pitkät perinteet. Euroopan perunantutkimusyhdistys (European Association for Potato Research EAPR) on kehittänyt keittolaadun määrittämisen menettelytapoja vuodesta 1937 lähtien, ja työtä on tehty pitkään erityisesti Sveitsissä. Vuonna 1958 ja 1959 pidetyissä kokouksissa Saksan Münsterissä ja Sveitsin Zürichissä hyväksyttiin yhtenäinen ruokaperunan laadun arviointimenettely (Winiger & Ludwig 1974). Nykyiset eurooppalaiset keittolaadun määrittämisen menetelmät pohjautuvat kyseiseen F.A. Winigerin ja J.W. Ludwigin Wageningenin yliopistossa tekemään artikkeliin. Keittolaadun määrittämisen tarkoituksena on tarkistaa perunaerän soveltuvuus ruokaperunaksi sekä rakenteeltaan, maultaan, tuoksultaan että väriltään. Eri maissa ja organisaatioissa on aikojen saatossa muodostunut omia versioita laadun määrittämisen menetelmäkokonaisuuksista, jotka palvelevat oman toimialueen käyttötarkoituksia.

Keittotyyppiä määrittäviä rakenneominaisuuksia on useita, ja näiden tavoitteena on määrittää perunan keittotyyppi. Suomessa tyypitys on jaoteltu nimillä kiinteä, yleisperuna ja jauhoinen peruna. Euroopassa keittotyypit jakautuvat tyypeihin A (kiinteä) – D (erittäin jauhoinen). Perunan keittotyyppi riippuu keitetyn perunan mallon rakenteesta. Keittotyypin perusteella tiedetään, onko perunaerän malto pääsääntöisesti jauhoinen vai kiinteä, ja miten helposti peruna hajoaa keitetäessä (Ochsenbein ym. 2009). Jauhoisen perunalaadun tunnistaa kuivahkosta, murustuvasta mallost, ja kiinteä puolestaan on sileä ja ehyt. Lajikkeen sisällä keittotyyppi voi vaihdella erilaisten kasvatusolosuhteiden vaikutuksesta eräkohtaisesti ja perunaerän elinkaaren aikana.



Keittokokeeseen perustuva keittotyyppin määrittäminen on edustavaan näytteeseen perustuva tulos. Käytännössä laadun mittarit muotoutuvat markkinoiden tarpeiden mukaan, ja ajan myötä mittarin toteutustavat voivat muotoutua erilaisiksi, tai mittareita karsiutuu pois. Syynä tähän on useimmiten aikapula. Perunan keittotyyppin määrittämisen erilaiset tarpeet liittyvät vahvasti eurooppalaiseen monimuotoisuuteen, perunan erilaisiin käyttötapoihin ja siten markkinoiden erilaisten perunalaatujen kysyntään. Uudet perunalajikkeet saapuvat Suomeen useimmiten eurooppalaisilta siementaloilta. Uusille lajikkeille määritetään monen muun tekijän lisäksi oletusarvoinen keittotyyppi usean vuoden kenttäkokeiden yhteydessä, jossa lajikkeen käyttäytymistä Suomen olosuhteissa arvioidaan kokonaisuutena (Kankaala ym. 2014). Tätä tietoa hyödynnetään lajikkeen kaupallistamisessa muiden keskeisten tietojen, kuten tärkkelyspitoisuuden, värin ja tummumistaipumuksen ohella. Lopullisesti perunaerät tyypitetään myyntiin aina ennen pakkaamista.

Suomalaista perunaa ostetaan vientiin lajikkeen ja tärkkelyspitoisuuden perusteella tiettyin lajikkeelle tyypillisin odotuksin (Kuusisto 2019). Suomalaisen perunan kilpailukyky vaihtelee voimakkaasti vientimarkkinoilla. Vuoden 2018 perunasatoa vietiin ulkomaille kevääseen 2019 mennessä arviolta 20-25 miljoonaa kiloa (Kiviranta 2019). Määrä oli jopa kolminkertainen verrattuna edellisiin vuosiin. Kysyntä kasvoi etenkin kuivuudesta kärsineessä Keski-Euroopassa. Suomesta viedään ulkoimaille ruokaperunaa, prosessoitavaa perunaa ja siemenperunaa, mutta Suomesta käsin perunan rahtikustannukset ovat melko korkeat merirahtien ja pitkien etäisyyksien vuoksi, nostaen myyntihintaa ja heikentäen kilpailukykyä.

Parempaa Perunaa Pohjoisesta PPP-hankkeen keskeinen tavoite oli hakea suomalaiselle perunalle lisää kilpailutekijöitä. Vuosittain vaihtelevien sääolosuhteiden tuomien kysyntäpiikkien sijaan tarvitaan kilpailutekijöitä, jotka tasaisivat suomalaisen perunan kilpailukykyä sekä viennissä että kotimaan markkinoilla. Suomen pohjoiset olosuhteet ovat viljelykasvien tuotannolle haastavat, mutta kesän valon määrän suhteen erityiset. Kasvukauden valoisuusolosuhteet vaikuttavat kasvien ominaisuuksiin; esimerkiksi useiden sekundaariyhdisteiden metabolia muuttuu päivänpituuden ja valospektrin muutosten seurauksena. PPP-hankkeessa (2016 - 2019) yhtenä tavoitteena oli testata eri valoisuusjaksojen vaikutusta perunan mukulan sekundaariyhdisteiden ilmentymiseen. Hankkeessa käytettiin sekä jo Suomeen kotiutuneita että uusia eurooppalaista alkuperää olevia perunalajikkeita. Hanke toteutettiin hallinnoijana toimineen Luonnonvarakeskuksen

(Oulu), Perunantutkimuslaitoksen (Petla), Turun yliopiston, elintarvike- ja peruna-alan yritysten, sekä tuottajien yhteistyönä.

Tässä tutkielmassa selvitettiin eurooppalaisia keittotyyppin määrittämisen menetelmiä: Voiko suomalaisessa ja eurooppalaisessa tavassa määrittää keittotyyppiä olla sen kaltaisia eroavaisuuksia, että keittotyyppin tulos ei olisi sama? Tutkielman keskeisenä tavoitteena oli tehdä perunan keittotyyppin mittareiden kartoitus Euroopassa ja Suomessa ja toteuttaa näillä mittareilla testiarvioinnit eri menettelytavat huomioiden. Tutkielmassa arvioitiin eroavien tulkintojen lähteitä ja syitä, ja tarkasteltiin eri mittaustapojen vaikutusta tuloksiin. Työn johtopäätökset tehtiin korrelaatioiden pohjalta, ja tuloksia tarkasteltiin pääkomponenttianalyysin avulla. Tutkittavat perunalajikkeet valittiin itsenäisenä kokonaisuutena PPP-hankkeen lajikkeista poiketen siten, että mukana oli kattava valikoima eri kategoriaan sijoittuvia lajikkeita, kiinteitä, yleislajikkeita, jauhoisia ja tärkkelyslajike. Tutkielman kirjallisuuskatsaus kattaa katsauksen perunan käyttöön Euroopassa, perunan kypsymisen yhteydessä tapahtuvien muutoksien teoriaa ja yhteenvedon eurooppalaisten keittokokeiden selvitystyön tuloksista. Perunan kypsymisen teoria pohjustaa tutkimusosiossa vertailtavien mittaustapojen eroja ja muita tulosanalyyseissä tehtyjä havaintoja.

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 Perunan saapuminen Eurooppaan

Perunan saapuminen Eurooppaan tutkimattomiakin reittejä pitkin on kiinnostava menestystarina. Tämän tutkielman tekoaikaan Suomessa oli tekeillä elokuva ”Peruna”, komedia startup-yrittäjästä, joka yrittää tuoda perunaa Suomeen 1600-luvulla (Elokuvasäätiö 2019). Tarina on mitä ilmeisimmin täyttä fiktiota, sillä kyseiseltä ajankohdalta ei ole historiatietoa perunan saapumisesta Suomeen. Täsmällisin tieto perunan Suomeen saapumisesta on se, että sen yksi tuloväylä on ollut 1730-luvulla Fagervikin kartano, jonka omistajilla oli yhteyksiä ruotsalaiseen peruna-alan pioneeriin Jonas Alströmeriin (Paalo 2009). Historian tutkimisen ja todenperäisyyden tekee haasteelliseksi erityisesti kielelliset sekaannukset bataatin kanssa, ja kasvitietellisen osaamisen vähäisyys 1500-1600 -luvuilla: bataattia ja perunaa ei alun perin osattu erottaa toisistaan (Reader 2008). Historiatiedoista on kuitenkin tulkittu, että peruna (*Solanum tuberosum*) kulkeutui Eurooppaan bataatin (*Ipomoea batatas*) jälkeen. Kolumbus oli tuonut bataattia Eurooppaan maistiaisiksi jo vuonna 1492. Readerin mukaan perunan historian tutkija Redcliffe Salamanin muun muassa sairaaloiden kirjanpidon pohjalta tekemien päätelmien mukaan peruna on saapunut Eurooppaan viimeistään vuonna 1570. Jo 1600-luvulla Euroopassa kasvatettua bataattia ja perunaa oli kohtuullisesti saatavilla. Perunan merkitystä teollistumisessa voidaan nostaa merkittäväksi, sillä maatalousvaltaisessa Euroopassa satoisa peruna yleistyi voimakkaasti samaan aikaan kun vehnän hinta nousi, ja teollisuus alkoi kaivata työvoimaa (De Haan ja Rodriguez 2016). Peruna saavutti asemansa maanosan laajimmalle levinneenä, halpana ja ravitsevana elintarvikkeena 1800-luvulla noin 250 vuotta Eurooppaan saapumisensa jälkeen (Reader 2008). Samalla kävi selväksi myös, että ihmiset olivat luonnon armoilla: vuosina 1740-1741 aikainen ja ankara talvi ja vuosina 1845-1846 perunarutto tuhosivat perunaviljelmät Irlannissa, ja aiheuttivat tuhoisat nälänhädät.

Eurooppalaisen etsikkoajan jälkeen perunanviljely on kehittynyt isoin harppauksin. Ilmastoon soveltuvampien lajikkeiden jalostaminen on osaltaan vähentänyt suurempia sadonmenetyksiä, ja kasvinsuojeluaineiden kehittyminen on helpottanut taistossa erilaisia tuholaisia ja tauteja vastaan. Ensimmäinen tärkeä perunaruttoonkin tepsivä sienimyrkky, Bordeaux mixture keksittiin Ranskassa 1882 (Encyclopedia Britannica, 2019). Nykyisin peruna on yksi eniten käytetyistä ravintokasveista etenkin Suomessa mutta myös muualla

Euroopassa (Torres ja Parreño 2016). Peruna on yksi yhdeksästä tärkeimmästä viljelykasvista, jotka kattavat 75 prosenttia maapallon ihmisravinnosta, ja koko maailmassa 12 tärkeimmän ravintokasvin joukossa (Dulloo ym. 2017).

Lajikekehitys on tuonut mukanaan myös erilaisia välttämättömiä laadun arvioinnin kriteereitä. Viranomaislaatuun kuuluvissa lajikekokeissa määritetään lajikkeen viljelyvarmuus, satoisuus ja sadon laatu. Keittolaatu sisältää keittotummumisen ja makuarvion lisäksi myös keittotyyppin määrittämisen. Perunan laatuvirheiden arvioinnissa tarkastellaan esimerkiksi fyysisiä vioittumisia, raakatumumista tai myrkyllisten glykoalkaloidien määrä (Kankaala ym. 2015). Mukulan taudit tutkitaan, koska ne aiheuttavat mukulan vakavaa vioittumista, ja tauti voi myös levitä ja aiheuttaa laajempaa tuhoa.

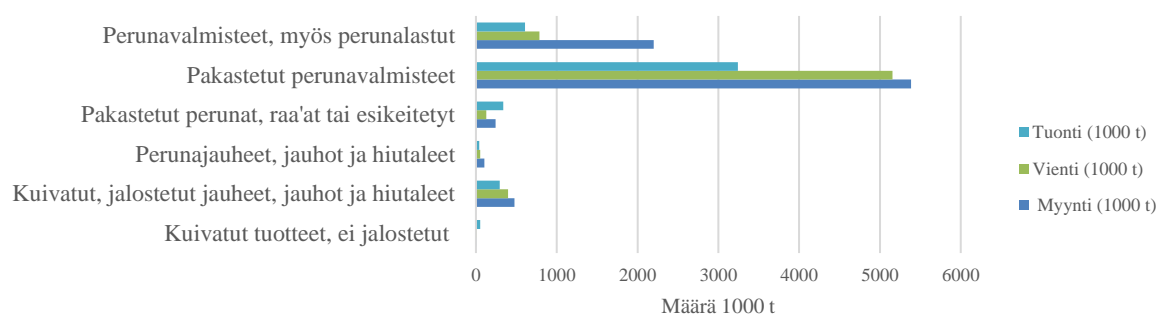
## **2.2 Perunan käyttö Suomessa ja Euroopassa**

MTK:n kasvinviljelyasiamies Antti Lavosen mukaan lähes joka kolmas peruna syödään Suomessa nykyään teollisena jalosteena, vähintään valmiiksi kuorittuina (Pajunen 2017). Peruna-asiantuntija Jussi Tuomisto toteaa, että suomalaisessa perunankulutuksessa nähdään myös selkeä ikäjakauma: Vanhempi ikäpolvi syö kuoriperunoita, nuorempi valitsee mieluummin kuorittuja tai jollakin tavalla jalostettuja perunoita. Erityistä suomalaisessa ruokakulttuurissa on hyvin organisoitu kouluruokailu, joka on lailla säädetty (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2019; Finlex 2019). Tämän vuoksi Suomen koululaisille tarjotaan monipuolista ruokaa, ja myös perunaa on tarjolla lähes joka päivä. Suomessa syödään edelleen runsaasti joko kuorittuna tai kuoripäällisenä keitettyä perunaa kastikkeen ja lisukkeiden kera. Erilaiset perunaa sisältävät keitot ja pyttipannut ovat arkiruokaa, ja suosittu perunamuusi on kansainvälisimpiä perunaruokia. Uuniruoista jauheliha-perunasoselaatikko sekä erilaiset perunaviipaleista tai -suikaleista valmistetut uuniruoat ovat yleisiä sekä suurkeittiöiden valmistamina että eineksinä.

Eurooppalaisissa perunaresepteissä on kulttuurillisia eroja, jotka vaikuttavat vahvasti myös erilaisten perunalaatujen kysyntään. Esimerkiksi Saksassa 10 suosituimman perunaruogan joukossa on viisi monivaiheista valmistusta vaativaa ruokaa, jossa perunasta valmistetaan erilaisia muotoiltuja paistettavia tuotteita kuten knödeleitä, röstiperunoita, rosetteja, lettuja tai kroketteja. Toiset viisi ovat eri tavoin paloiteltuja, kuten suikaleiksi, spiraaleiksi, viipaleiksi, lohkoiksi tai ristikoksi, ja paistettu joko uunissa tai rasvassa (Worlds of Food 2019). Perunasta valmistetut taikinapohjaiset ruoat, kuten italialainen gnogghi, saksalainen

knödel ja kroketit ovat Euroopassa yleisiä, nimet ja versiot vaihtelevat maasta toiseen. Esimerkiksi Liettuassa on Zeppelinistä nimensä saanut knödelin tapainen cepelinai, ja Puolassa samantapainen kluski śląskie (Taste Atlas 2019). Ranskassa suosittuja perunaruokia ovat esimerkiksi erilaiset keitot, perunaletut eli perunagalettet, gratiinit, uuniperunat, perunasalaatit ja perunaversio Tarte Tatinista: Tartiflette (Guide-Resto, 2019). Portugalilaisille yksi erityinen perunaruoka on hieman lasagnen tapainen gratinoitu perunavuoka, jossa perunaviipaleet kerrostetaan juuston, kinkun sekä valkokastikkeen kanssa. Taikinapohjaisiin perunavalmisteisiin suositellaan jauhoisia perunalaatuja, ja tiettyyn muotoon leikatut tuotteet edellyttävät hyvin koossa pysyvää kiinteää perunalaatua.

Saksassa perunajalosteiden kulutus on ylittänyt viitisen vuotta sitten kuoriperunan kulutuksen (Pajunen 2017). Jalostetut perunat, lähinnä pakastetut puolivalmisteet ja perunalastut, olivat vuonna 2017 arvoltaan 10 miljardia euroa eli 1,5 prosenttia EU:n elintarviketeollisuuden tuotannon kokonaisarvosta. Perunoita käsitellään sekä sellaisenaan että raaka-aineena, ja niitä jalostetaan neljään päätyyppiin: pakasteet, kuivatut perunatuotteet, perunavalmisteet ja perunatärkkelys (Kuva 1). Keskieuropalaisen ruokakulttuurin perunaversiot tarjoavat ruokateollisuudelle runsaasti mahdollisuuksia puolivalmisteille. Tämän vuoksi pakastetut puolivalmisteet ja muut perunavalmisteet ovat markkinoiden suurimmat tuoteryhmät.



Kuva 1. Prosessoidun perunan myynti, vienti ja tuonti Euroopan alueella 2017 (Eurostat 2017).

Eurooppalaisen ruokakulttuurin on havaittu olevan sidonnainen kielialueisiin, eli samaa kieltä puhuvien kesken ruokakulttuuri jaetaan helpommin. Koska Eurooppa on monikielinen, on sen ruokakulttuuri hyvin heterogeeninen (Askegaard ja Madsen 1995). Toisaalta, rajanaapurimaiden on todettu jakavan keskenään samankaltaisuuksia ruokakulttuurissaan (Laufer ym. 2015). Vaikka kansainvälistymisen myötä reseptit ovatkin levinneet maasta toiseen, rakkaimmat perunareseptit pitävät pintansa kotimaissaan, myös Suomessa.

### 2.3 Kypsän perunan rakenteeseen vaikuttavat kemialliset ja rakenteelliset tekijät

Kypsennetyn perunan rakenteeseen vaikuttavat perunan tärkkelysmäärä, soluseinän rakenne ja koostumus ja välilamellien eheys kypsennyksen jälkeen (Van Marle ym. 1992). Nämä parametrit erottavat kiinteät ja jauhoiset perunalaadut (Van Marle ym. 1992). Kiinteän perunalajikkeen tunnistaa eheästä muodostaan pysyvästä mallost, jossa ei ole halkeamia, eikä peruna murustu sitä käsiteltäessä (Ralet ym. 2016). Jauhoinen peruna sisältää paljon tärkkelystä, ja tyypillisimmillään se on taipuvainen hajoamaan soluseinien annettua periksi turvonneen tärkkelyksen paineesta, ja solut pyrkivät erottumaan yksittäisiksi irtopartikkeleiksi leikkauspinnalle. Näiden kahden tyypillisen luonnehdinnan lisäksi on useita välimuotoja, riippuen soluseinien rakenteiden kemiallisesta koostumuksesta ja tärkkelyksen jakautumisesta perunan mallossa.

Morfologisesti peruna on yleensä muodoltaan soikea tai pyöreä mukula, jolla voi olla vaalean keltainen, punainen tai violetti malto ja vaaleanruskea kuori (Bordoloi ym. 2011). Perunan koko, mallon väri ja keitetyn perunan rakenne ovat ruokaperunan tärkeimpiä laatuominaisuuksia. Perunat sisältävät 70–80 % vettä, 16–24 % tärkkelystä ja vähäisiä määriä - alle 4 % - proteiineja, lipidejä, antosyanaineja ja mineraaleja (Huang ym. 2006; Singh ym. 2016). Tärkkelys on kuiva-aineen pääkomponentti, jonka osuus kuiva-aineesta on 70 %. Lajike, fysikaalis-kemiallinen koostumus ja sadonkorjuun jälkeinen varastointi ovat tärkeitä tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa perunoiden ja perunatuotteiden keitt ominaisuuksiin.

Soluseinien vahvuudet ja pektiiniitiheydet poikkeavat toisistaan eri lajikkeilla (Ralet ym. 2016). Jos perunan solurakennetta ei tunneta, perunan kovuus tai pehmeys voidaan yksinkertaistaen ajatella tulevan mitatuksi keittohajoamisen yhteydessä. Pehmeys voi kuitenkin olla tiettyjen lajikkeiden merkittävä ominaisuus, vaikka se voi peittyä jauhoisuuden taakse (Ochsenbein ym. 2009). Myös jauhoisuus voidaan rinnastaa keittohajoamisen kanssa, mutta johtuuko keittohajoaminen solujen heikoista rakenteista vai jauhoisuudesta? Ochsenbeinin (2009) mukaan karkeuden on havaittu korreloivan myös jauhoisuuden kanssa: Mitä jauhoisempi, sitä karkeampi. Vetisyyden voidaan katsoa olevan jauhoisuuden akselin toisessa päässä, mutta vetisyys voi olla myös osoitus tärkkelyksen epätasaisesta jakautumisesta. Kattavatko ominaisuudet kuvaamaan yhdistelmät kuten jauhoinen ja jämäkkä, kiinteä mutta irtonainen ja jauhoinen ja pehmeä? Perunan jaottelu kolmeen pääkategoriaan, kiinteään, yleislaatuun ja jauhoiseen voi myös peittää ominaisuuksia.

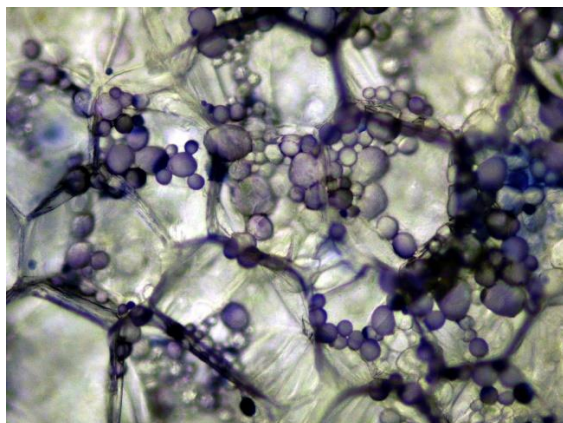
### 2.3.1 Perunan pehmeneminen ja kypsennysaika

Perunoiden tarvitsema kypsennysaika on todettu riippuvan kuiva-aineesta, tärkkelyspitoisuudesta ja vedenalaispainosta, mitkä suoraan vaikuttavat myös perunan tiheyteen ja tämän myötä lämmönsiirron nopeuteen (Matikainen 2012; Singh ym. 2016). Perunan mukuloiden kuiva-ainepitoisuuden ja tärkkelyspitoisuuden tiedetään vaihtelevan huomattavasti lajikkeiden välillä. Perunan kudoksen pehmeneminen tapahtuu eri nopeuksilla, mikä riippuu erilaisista fysikaalis-kemiallisista mekanismeista (Torres ja Parreño 2016). Keittoaikaa on pyritty ennustamaan esimerkiksi rakennemittarin avulla (Singh ym. 2016). Myös hyperspektristä kuvantamista yhdistettynä kemometriaan ja kuvan käsittelyyn on käytetty määrittämään muun muassa perunan kypsymisen etenemistä. Perunan kypsymiseen vaadittava aika voidaan ennustaa 10 % suhteellisella virheellä (Nguyen ym. 2011). Menetelmällä voidaan myös tutkia perunan kuiva-aineen – ja erityisesti tärkkelyksen jakaumaa.

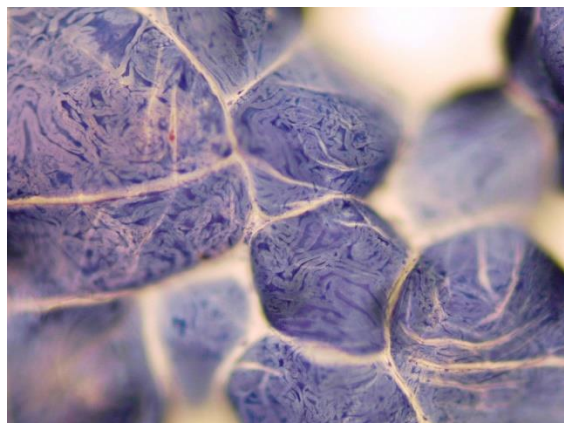
Lämpökäsittelystä johtuva pehmeneminen eri väliaineissa riippuu perunan keskiosan saavuttamasta lämpötilasta ja käytetystä väliaineesta. Nämä kaksi asiaa määrittävät pehmenemisen asteen, ja siihen liittyvät kineettiset parametrit. Kypsyessä tapahtuvat rakenteen muutokset johtuvat soluseinän ja välilamellien hydrofiilisten polymeerien kemiallisesta rakenteesta (Verlinden ym. 1995). Koska perunan kudoksen tärkeä komponentti on tärkkelys, pehmeneminen liittyy myös tärkkelyksen geeliytymiseen.

Keitettyjen perunoiden mikrorakenteen tutkimisessa on käytetty yksiaksiaalisen puristustestin ja valomikroskopian sekä elektronimikroskopian yhdistelmää (Thybo ym. 1998). Tutkimuksissa on havaittu, että prosessointiolosuhteet vaikuttavat suoraan perussolukon ominaisuuksiin ja rakenteeseen. Esimerkiksi soluja koossapitävät ominaisuudet heikkenevät kypsennysajan edetessä. Mikroskooppikuvien perusteella on havaittu perussolukon soluseinämien hajoavan osittain kypsennyksen seurauksena, mikä johtaa soluseinämän pektiini- ja hemiselluloosaverkostojen löystymiseen. Verrattaessa eri lajikkeita keskenään, toisilla perunalajikkeilla soluseinämän ääriviivat voivat säilyä eheinä keittämisen jälkeen ja eheät solut täyttyvät geeliytyneellä tärkkelyksellä (kuva 3), kun taas toisilla lajikkeilla perussolukon rakenne voi hajota kokonaan keittämisen jälkeen (Bordoloi ym. 2011). Myös soluseinämän paksuus ohenee kypsennyksen yhteydessä. Mikroskooppikuvissa on myös havaittu primaarisen soluseinän jäänteitä sytoplasmisissa tärkkelysgeelissä perunan mukulan solukoissa.

### 2.3.2 Perunan solu, solukoko ja sen rakenteet

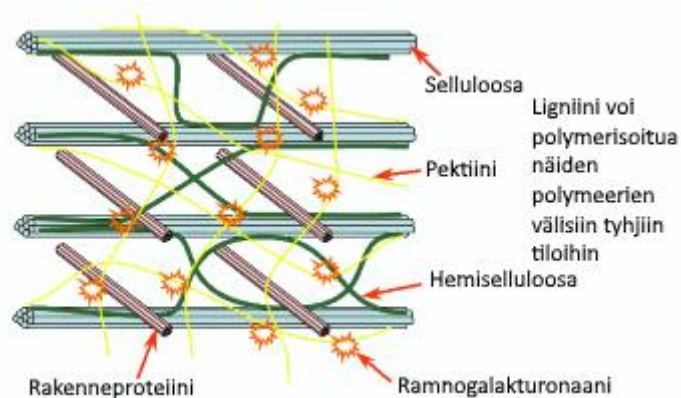


Kuva 2. Raakaa perunan solukkoa, jossa jodivärjätty tärkkelysjyvät erottuvat violetteina. Läpikuultavat soluseinät ovat pakkautuneet tiiviisti toisiinsa kiinni, ja pitävät rakenteen koossa. (Matikainen 2012)



Kuva 3. Kypsää perunan solukkoa. Soluseinät ovat pyöristyneet, ja tärkkelys solun sisällä on turvonnut pehmeäksi massaksi. (Matikainen 2012)

Perunan soluja ympäröivät soluseinät suojaavat kutakin solua solukalvon ulkopuolella ja muodostavat perunan kudosten tukirakenteen (Kuvat 2 ja 3) (Ralet ym. 2016). Soluseinät muodostavat erittäin kompleksisen kokonaisuuden: Ne ovat kokonaisuuksia, joissa selluloosan mikrofibrillit ovat kietoutuneet monimutkaiseen pektiinien, hemiselluloosien ja ligniinien verkostoon (Kuva 4). Perunan soluseinä on kuiva-ainepitoisuudeltaan 45-50 %. Nämä biopolymeerikokoonpanot määrittelevät solujen muodon ja mekaaniset ominaisuudet.



Kuva 4. Mukaeltu kuva soluseinän rakennekuvasta: Selluloosa, pektiini, hemiselluloosa ja rakenneproteiini. (Plant Physiology 2002)

Perunan soluseinä koostuu vähintään kahdesta elementistä, välilamellista ja primaarisesta soluseinästä. Välilamelli sijaitsee kahden solun välissä, ja sisältää pääosin pektiinikomponentteja (Ralet ym. 2016). Primaarinen soluseinä koostuu irtomisesta selluloosamikrofibrilliverkostosta, joka on yhdistetty hemiselluloosaan ja pektiiniin. Sekundäärinen soluseinä voi muodostua, kun peruna on saavuttanut lopullisen kokonsa ja fysiologisen kypsyysyden. Primäärinen ja sekundäärinen soluseinä eroavat koostumukseltaan



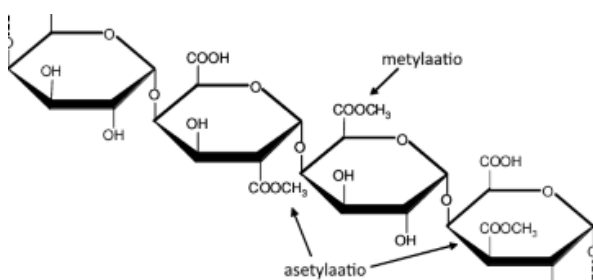
pektiinin ja ligniinin määrissä: Sekundäärisissä soluseinissä pektiinin määrä on vähäisempi, ja korvautuu ligniinillä, joka on vahvoja sidoksia muodostava polymeeri. Ligniini voi polymerisoitua soluseinän polymeerien välisiin tyhjiin tiloihin (kuva 4) Tällöin soluseinä menettää joustavuutensa ja muodostaa vahvan rakenteen.

Perunan mallon mikrorakenne ja soluseinämien polymeerien ominaisuudet (parenkyymisolujen koko, pektiinimateriaalien ominaisuudet) ovat kaksi tärkeää tekijää, jotka voivat vaikuttaa pureskelun tai mekaanisen käsittelyn aikana tapahtuvaan muodonmuutokseen (Kaur, 2004; Waldron ym. 1997). Perunan solujen välilamellien ominaisuuksista riippuen solut voivat joko irrota toisistaan tai repeytyä, kun solun resistenssi saavuttaa minimin (Kaur, 2004). Yleensä raakojen perunoiden solukko repeää, kun taas keitettyjen perunoiden solut helpommin irtoavat toisistaan pektiinimateriaalin hajottua lämpökäsittelyn seurauksena.

Raakojen perunoiden mikrorakenteellisten ominaisuuksien, kuten parenyymisolukoko, soluseinämän koostumuksen ja paksuuden on havaittu vaikuttavan huomattavasti keitetyn perunan lopulliseen rakenteeseen (jauhoinen ja kiinteä). Soluseinämän tiheys ja paksuus voivat vaihdella lajikkeiden välillä paljon, kuten myös pektiinirakenteiden laatu (Van Marle ym. 1997a). Rakennemuutokset, jotka tapahtuvat lämpökäsittelyn ja kypsennyksen aikana liitetään tärkkelyksen geeliytymiseen sekä soluseinän ja välilamellien rakennekomponenttien muutoksiin (Singh ym. 2016). Solun rakenne ja koko vaikuttavat suuresti perunan tekstuuriin. Perunan kudoksen solurakenne on kullekin lajikkeelle ominainen, ja vaihtelee mukulan sisällä (Gancarz ym. 2012; Konstankiewicz ym. 2002). Perunan solun rakenneparametrit, kuten solun poikkileikkauksen pinta-ala, solujen lukumäärä yhdessä neliömillissä ja solujen soikeus vaihtelevat riippuen mukulan kohdasta. Yleensä perunan mukulan ulommat solut ovat isompia kuin ytimen solut. Solurakenteen koon ja muodon parametrit eroavat riippuen tarkastelusuunnasta ja kohdasta mukulassa. Kun peruna on muodoltaan soikea, perunoissa voidaan havaita pitkiä ja suuria soluja, jotka asettuvat maltoon sen pidemmän sivun suuntaisesti, kun taas pienimmät ja lyhyimmät solut asettuvat poikittaissuuntaisesti asettuneisiin solukoihin.

### 2.3.3 Pekiinirakenteet ja niiden osuus kypsennyksen aikana tapahtuvissa rakennemuutoksissa

Tärkeä komponentti soluseinien rakenteiden ominaisuuksien muutoksissa on pektiini. Perunan soluseinien pektiinit muodostavat 55-60 % soluseinän polysakkaridien kuivapainosta (Ralet ym. 2016). Perunan soluseinien ja välilamellien pektiinien rakenteet, komponentit, määrä ja tyyppi vaihtelevat perunalajikkeiden välillä, minkä vuoksi myös solurakenteiden vahvuudet poikkeavat toisistaan. Pekiini on heterogeeninen ja monimuotoinen galakturonihappopitoinen polysakkaridi, jonka tärkeimpiä rakenteellisia ominaisuuksia ilmentävät galakturonihappojen asetyyliesteröityminen ja metyyliesteröityminen (Yapo ja Gnakri, 2015). Asetyloitumisaste on etikkahapon kanssa esteröityneiden galakturonihappoyksiköiden prosentuaalinen osuus. Metyloitumisaste (DM) ilmoittaa, kuinka monta prosenttia galakturonihappojen karboksyyli-ryhmiä on esteröitynyt metanolin kanssa (Kuva 5).



Kuva 5. Metylaatio ja asetylaatio (Schmidt ym. 2014).

Pekiini koostuu kolmesta kovalenttisesti toisiinsa sitoutuneista pääkomponentista: Homogalakturnaanista (HG), HG:n kanssa samankaltaisia rakenteita omaavista analogeista ja tyypin I ja II Ramnogalakturnaanista (RGI) (Ralet ym. 2016). Pekiinikomponenteista yleisin on HG (65 %), ja toiseksi yleisin on RGI (20-35 %). Myös haarautumaton arabinaani ja tyypin I galaktaaniketjut ovat yleisiä perunan soluseinien pektiinimateriaalissa.

Homogalakturnaanin (HG) perustana lineaarinen ketju, joka koostuu  $\alpha$ -D-1,4-galakturonihappoyksiköistä (GalpA). Galakturonihapon karboksyyli-ryhmät ovat usein osittain metyyli- tai asetyyliesteröityneitä (Ralet ym. 2016). Molemmilla esteröitymistavoilla on havaittu olevan merkittävä vaikutus pektiinin integroitumisominaisuuksiin. Esteröitymisen aste ja estereiden jakautuminen vaihtelee suuresti, ja näillä on suuri merkitys pektiinin funktionaalisiin ominaisuuksiin.

Homogalakturnaani haaroittuu rhamnoosipitoisilla alueilla. Haaroittunutta kohtaa kutsutaan RGI:ksi, jonka pääketju koostuu galakturonihaposta ja ramnosylyyksiköistä, jotka ovat järjestäytyneet toistuviin ketjuihin:  $\alpha$ -D-1,4-GalpA- $\alpha$ L-1,2-Rha. Ramnogalakturnaani I edustaa useimmiten 20-35 % pektiinien polysakkarideista (Ralet ym. 2016). Ramnogalakturnaani II on hyvin monimutkainen alhaisen molekyylipainon omaava makromolekyyli. Se koostuu 12:sta erilaisesta glykosylyyksikkötyypistä, ja enemmästä kuin 20 erilaisesta sidoksesta. Ramnogalakturnaani II sisältää lyhyen HG rakenneosan jossa on korvattu viisi erilaista sivuketjua, sisältäen harvinaisia sokereita, kuten aserihappo ja metyyliifukoosi.

Perunoissa pektiinit toimivat solujen välisenä kiinnitysaineena (Ralet ym. 2016). Kypsennyksen tärkeä ilmiö on kypsennyksen aikana tapahtuva solujen välisen solujen irrottautumisen voima, mikä liittyy välilamellien pektiinien liukenemiseen. Pekiinin galakturonaanin hajoaminen lämmön vaikutuksesta kypsennysprosessin aikana mahdollistaa solujen erottumisen (Jarvis 2019). Koska kalsiumionit voivat silloittaa pektiinejä, on loogista, että kalsiumpitoisuus voi olla tekijä solun adheesion kontrolloinnissa. Kalsiumin ohella voi olla myös muita vaikuttavia kationeja. Tutkimuksissa on myös havaittu viitteitä tekstuurin korrelaatiosta solujen välilamellin tyypipitoisuuden kanssa.

Esimerkiksi perunan varastointiaika voi muuttaa solun välilamellien pektiinirakenteita, jolloin solu käyttäytyy eri tavoin (Ralet ym. 2016). Juuri maasta nostetulla perunalla tekstuuriominaisuudet korreloivat erityisen hyvin tärkkelyspitoisuuden kanssa, eli tärkkelyspitoinen peruna on tuolloin ominaisuuksiltaan selkeästi jauhoinen. Pitkäaikaisen varastoinnin jälkeen tämä korrelaatio heikkenee. Tämä voi johtua siitä, että pektiinin jakautumisessa on havaittu eroja vasta korjattujen ja kylmävarastoitujen perunoiden välillä (Ralet ym. 2016). Varastoiduissa perunoissa alhaisen metyloitumisasteen omaava homogalakturnaani on tasaisesti jakautunut kortikaalisen ja perimedullaarisen seinän alueelle, jossa on  $\beta$  1-4 galaktaania, kun taas  $\alpha$  1-5 arabinaani on melkein jäänyt pois perimedullariseinien välilamellista. Haarautumattomien arabinaani -sivuketjujen on osoitettu sitovan vettä helpommin kuin galaktaanit, mikä viittaa siihen, että sivuketjujen pituudella ja rakenteella on merkitystä vedensidontaan (Larsen ym. 2011). Kokonaisuutena arabinaani- ja galaktaanisivuketjujen roolit ovat kuitenkin jääneet arvoitukseksi.

Soluseinän rakenne ja sen myötä liunneen pektiinin määrä voi vaihdella eri lajikkeiden välillä. (Ralet ym. 2016) Esimerkiksi verrattuna kiinteään Nicola -lajikkeeseen, jauhoisen Irene -lajikkeen primäärisillä soluseinillä oli kompaktimpi rakenne, pektiinit

haarautuneempia ja sisälsivät vähemmän homogalakturnaani-ketjuja. Perunan soluseinärakenteiden biosynteesiin liittyvää pektiinimetyyliesteriaktiivisuutta on myös tutkittu geenitasolla (Ross ym. 2010). Suurimmat geneettiset erot, jotka liittyivät soluseinien biosynteesiin havaittiin kahden perunalajikkeen välillä, joilla oli selkeät tekstuurierot. Phureja (*Solanum tuberosum phureja*) on Andeilta peräisin oleva perunan alkuperäisperunalajikkeiden ryhmä, ja sillä on erityisiä ominaisuuksia nykyisiin lajikkeisiin verrattuna (Ochoa 1990). Jauhoisella Phureja -lajikkeella pektiinimetyyliesteriaktiivisuus oli reilusti matalampi, ja geenit jotka koodasivat kahta pektiinimetyyliesteriaktiivisuuden isoformia olivat alemmalla tasolla ja pektiinin metylaatioaste oli korkeampi kuin kiinteällä S. Tuberosum -lajikkeella, jolla oli korkea pektiinimetyyliesteriaktiivisuus ja alhaisempi pektiinin metylaatioaste.

### 2.3.4 Tärkkelyksen geeliytyminen

Perunan kypsyessä tapahtuvista muutoksista ensimmäinen on tärkkelyksen rakenteen muuttuminen. Perunan tärkkelys muodostuu sekä haarautumattomasta amyloosista, sekä haarautuneesta amylopektiinistä (Belitz ym 2004). Amyloosi on kytkeytynyt lineaarisesti  $\alpha$  (1,4) sidoksella ja amylopektiinin haarautumispisteissä sidos on muodostunut hiiliatomien 1 ja 6 välille ( $\alpha$ (1,6)sidos). Kun perunan mallon lämpötila nousee 50 °C lämpötilaan tärkkelysrakeet absorboivat solunestettä ja turpoavat (Torres ja Parreño 2016). Tämän jälkeen noin 64–71 °C lämpötilassa tärkkelys muodostaa hyytelömäistä massaa solun sisälle. Perunan tärkkelyksen geeliytymislämpötilat vaihtelevat lajikkeittain (Flint 1994; Van Marle 1997b). Esimerkiksi Irene -lajikkeella tärkkelys turposi solun sisällä 23-kertaiseksi, ja Nicola -lajikkeella 18-kertaiseksi (Keetels 1995). Kun tärkkelysjyvänen turpoaa, osa amyloosista diffundoituu ulos jyvästä (Belitz ym. 2004). Lopulta tärkkelyskiteet liukenevat kokonaan ja muodostavat solun sisälle kiharaisen polymeeriverkoston. Geeliytymisprosessin yhteydessä solukon sisältämä neste on imeytynyt tärkkelykseen ja lopputuloksena saavutetaan pehmeä rakenne. Mitä enemmän tärkkelystä solujen sisällä on, sitä kuivempi rakenteesta muodostuu, ja mitä vähemmän tärkkelystä suhteessa nestemäärään, sitä enemmän vapaata solunestettä solukoihin jää (Van Marle 1997b). Tärkkelyspitoisissa vihanneksissa, joilla on suhteellisen elastiset soluseinät, geeliytyneellä tärkkelyksellä täyttyneet pulleat solut voivat pysyä jopa niin hyvin koossa, että ne työntyvät irti toisistaan.

## 2.4 Keittolaatu ja keittotyyppin määrittäminen Euroopassa

Perunan väri, koko ja keitetyn perunan rakenne ovat tärkeitä laadun määritteitä kuluttajalle tarjotussa valikoimassa (Singh ym. 2016). Laadun määrittäminen teollisen prosessoinnin tarpeisiin sisältää useita parametrejä, kuten kuiva-aine, tärkkelyspitoisuus, tärkkelyksen ominaisuudet sekä korjuun jälkeinen varastointi ja säilyvyys. Lajike, fysikaaliskemiallinen koostumus ja korjuun jälkeinen varastointi vaikuttavat keittolaatuun ja tuotteisiin. Perunan keittolaatu määritetään yhtenä osana perunaerän laadun arviointia (Kankaala ym. 2014). Perunaerän soveltuvuus ruokaperunaksi ja määrittäminen tietyn ruokalajin tai tuotteen valmistamiseen ratkaistaan kansainvälisten standardien ja sitä soveltavien kansallisten ohjeistusten pohjalta (Yhdistyneet kansakunnat 2011). Tarkasteltavat laatuominaisuudet käsittävät joukon sisäisiä ja ulkoisia ominaisuuksia, joiden havainnointi on perusedellytys sille, että perunoiden laatukäsite ilmaisee juuri sitä, mitä kulloinkin tarvitaan, esimerkiksi soveltuvuus ruokaperunaksi tai tärkkelysperunaksi.

Keittolaadun määrittämyksen yhteydessä tarkistetaan lajikkeen tai perunaerän soveltuvuus ruokaperunaksi arvioimalla keittotyyppin lisäksi maku, haju ja väri sekä keittotummuneminen, jotka ovat käytön kannalta merkittäviä ominaisuuksia (Winiger & Ludwig 1974). Perunaerän luokittelu tietyntyyppiseen tarkoitukseen perustuu puhtaasti rakennetta kuvaileviin ominaisuuksiin. Näiden lisäksi määrittämykseen huomioidaan myös tärkkelyspitoisuus, joka on näistä poikkeava fysikaalis-kemiallinen ominaisuus. Rakenteellisia ominaisuuksia voidaan havainnoida sekä aistinvaraisesti että mittausinstrumenteilla, ja näiden kahden suuntauksen välillä on yhä enemmän vaihtelevia käytäntöjä. Perinteinen aistinvarainen havainnointi on kohtuullisen helposti järjestettävissä oleva määrittäystapa, joka ei vaadi suuria investointia laitteistoihin, vaan henkilötyövoimaa.

Koska perunan rakenne ei riipu pelkästään geneettisistä ominaisuuksista, vaan myös kasvuolosuhteista, keittolaatu tulee arvioida erikseen jokaiselle tuotantoerälle (Ochsenbein ym. 2009). Perunan keittolaatu ja aistinvaraiset ominaisuudet ovat tärkeitä paitsi kotitalouksille, myös teollisissa prosesseissa. Keitto-ominaisuudet kuten keitto-aika, keitetyn perunan paino ja keittohävikki ovat hyödyllisiä tietoja valittaessa sopivia perunalajikkeita, joilla on haluttu prosessointilaatu.

Useissa Euroopan maissa perunan tyyppi määritetään pääasiassa lajiketestauksen yhteydessä, ja keittotyypeissä viitataan aistinvaraisesti havainnoituihin luokkiin A-D) taulukossa 1 mainittujen laatutekijöiden perusteella (Winiger & Ludwig 1974).

Teollisuudessa tiettyyn tarkoitukseen käytetyillä perunoilla on oltava tiettyjä laatuominaisuuksia, minkä vuoksi perunan lajikkeita on kehitetty erityisesti tiettyjä käyttötarkoitusta varten, esimerkiksi ranskanperunoiden valmistukseen. Kuiva-ainepitoisuus on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista, jotka vaikuttavat olennaisesti tekstuuriin käytännössä ja perunan soveltuvuuteen käyttötarkoitukseensa (Torres ja Parreño 2016). Erityisesti perunalastujen ja ranskalaisten perunoiden valmistamiseen tarkoitettujen perunoiden tulee olla suuria, pitkiä, soikeita mukuloita, ja perunoilla tulee olla suuri kuiva-ainepitoisuus mutta pieni pelkistävien sokereiden määrä. Keskitasoiset kuiva-ainepitoisuudet ja pienet mukulat soveltuvat puolestaan perunasäilykkeisiin. Keskitasoisen kuiva-ainepitoisuuden omaavat keskisuuret ja hieman pehmeät mutta hajoamattomat perunat ovat monikäyttöisiä kotikäyttöön sopivia perunoita.

Taulukko 1. Perunan keittolaadun arviointikriteerit (Winiger & Ludwig, 1974).

<i>OMINAISUUS</i>				
<i>KEITTO-HAJOAMINEN</i>	Täysin eheä	Hieman pinta rikki	Voimakkaasti hajonnut	Täysin rikki hajonnut
<i>KOOSTUMUS</i>	Kiinteä	Kohtalaisen kiinteä	Melko pehmeä	Pehmeä
<i>JAUHOISUUS</i>	Ei jauhoinen	heikosti jauhoinen	jauhoinen	voimakkaasti jauhoinen
<i>VETISYYS</i>	Vetinen	heikosti vetinen	melko kuiva	kuiva
<i>TEKSTUURI</i>	Hienojakoinen	Melko hienojakoinen	Melko karkea	Karkea
<i>VÄRI</i>	W1 = puhtaan valkoinen W2 = harmaan valkoinen W3= kellertävän valkoinen		G1 = vaalean keltainen G2 = keltainen G3 = syvän keltainen	
<i>MAKU</i>	ei makua	heikko maku	voimakas maku	erittäin voimakas maku

Siemenperunatalot ja teollisuus käyttävät yhä kehittyneempiä tekniikoita laadun määrittämiseksi. Erilaisia mittaustapoja on tutkittu tieteellisissä tutkimuksissa, ja instrumentaalisia menetelmiä on jo käytössä suuremmissa yrityksissä. Haasteena on korrelaatio aistinvaraisiin arviointeihin, jotta vertailtavuus näiden kahden mittaustavan kesken säilyisi. Mittausteknologian kehittyminen, kuten tietojenkäsittelyn ja optisten laitteiden kehitys ja yleistymisen tarjoavat mahdollisuuden laadunhallinnan tehostamiseen.

#### 2.4.1 Keittotyyppiin liittyvät ominaisuudet

Keitetyn perunan ominaisuuksia kuvaavat sanat eivät ole aina yksiselitteisiä, ja sanaa voidaan käyttää tai määrittää eri tavoin. Esimerkiksi jauhoisuutta voidaan määrittää

asteikolla vetinen – jauhoinen, tai heikko - vahva (Kankaala 2008; Bundessortenamt 2019). Toisaalta on karkeus, jonka asteikko on hienojakoinen – karkeajakoinen. Yhtenä seurauksena havaitaan korrelaatioita erilaisten rakennesanojen välillä. Mutta vaikka näin olisikin, koostumusten, kemiallisten, fysikaalisten ja morfologisten ominaisuuksien väliset korrelaatiot voivat olla erilaisia. Euroopan perunatutkimusyhdistys (EAPR) on luonut laajasti käytetyn keitetyn perunan koostumuksen luokitusjärjestelmän (Winiger ja Ludwig, 1974). Neljä erilaista tyyppiä (Kiinteä (A), Yleisperuna (B), Jauhoinen (C) ja erittäin jauhoinen (D)) voidaan määrittää useiden erilaisten kuvailevien sanojen avulla. Keskeisiä määrittäviä ominaisuuksia ovat keittohajoaminen, jauhoisuus, vetisyys - kuivuus, kovuus – pehmeys, hienous - karkeus, koostumus/kiinteytys, tarttuvuus, tärkkelyksen jakauma, vedenalaispaine ja tärkkelyspitoisuus (Ochsenbein 2009, 2008; Martens ja Thybo 2000; Thybo ja Martens 1999; Van Marle ym. 1997b). Lisäksi on käytössä erityisesti rakennemittarilla mitattavia ominaisuuksia. Käytännössä näitä ominaisuuksia mitataan usein kuitenkin vähemmällä määrällä mittareita (Ochsenbein 2009).

### **Keittohajoaminen**

Keittohajoaminen (=rikkikiehuminen, hajoamisen kestävyys) johtuu solujen välilamellien heikkoudesta tai/ja runsaasta tärkkelyspitoisuudesta, joka turvottaa solut ja irrottaa ne toisistaan lämmön vaikutuksesta (Jarvis ja Duncan 1992; Ralet ym. 2016). Nimi keittohajoaminen viittaa erityisesti keiton aikana tapahtuvaan hajoamiseen. Keittohajoaminen arvioidaan sen perusteella, missä määrin mukulan pinta on rikkoutunut tai edelleen ehjä kypsennyksen jälkeen (Winiger ja Ludwig 1974; Blahovec ja Hejlová 2006). Havainnointi tehdään keitetyistä kokonaisista perunoista yleensä silmämääräisesti (Van Marle 1997b; Kari ym. 2002a). Keittohajoamisen arvioinnin yhteydessä vetisyyttä, jauhoisuutta ja kiinteyttä voidaan joissakin tapauksissa käyttää asteikon kuvaavina luokitteluina.

### **Jauhoisuus**

Jauhoisuus on keskeinen perunan rakenteellinen ominaisuus. Runsas tärkkelyspitoisuus ja välilamellien heikkous murustaa perunan rakenteen, t.s. perunan solut irtoavat toisistaan ja ne aistitaan suussa kuivana muruisuutena (Van Marle 1997b; Thybo ja Martens 1998). Perunan leikkauspinnassa voidaan havaita jauhoista murusta, ja yleisvaikutelma on kuiva. Jauhoisuutta arvioidaan ensisijaisesti visuaalisesti. Tämä voidaan tehdä joko aistinvaraisena arviona tai kuva-analyysinä analysoimalla näytteestä otettua väriskaalaa. Aistinvaraisesti

jauhoinen arvioidaan useimmiten murenemistaipumuksen perusteella: Mitä helpommin peruna murenee, sitä jauhoisempi se on. Arvioinnissa käytetään sekä pelkästään ulkopuolista tarkastelua, murentamista esimerkiksi haarukalla tai arviointia suussa (Pérez 2006). Erittäin jauhoisissa keitetyissä perunoissa ilmenee pinnassa perunan ominaisväristä poikkeavia vaaleita rosoisia alueita, minkä perusteella voidaan pisteyttää perunan jauhoisuutta. Myös leikkauspinnalle irtoava solukko kertoo jauhoisuudesta. Määritys voidaan tehdä myös automatisoidusti konenäön avulla kamerakammiossa, johon kytketty tietokone tekee tulkin kuvan perusteella.

### **Vetisyys**

Vetisyys voidaan määrittää akselilla vetinen – kuiva tai heikko – vahva (Castellari 2012; Bundessortenamt 2019) Kun perunassa on vain vähän tärkkelystä, halkaistun perunan leikkauspinnan keskiosa voi olla vetinen, t.s. tihkuu solunestettä. Toisaalta jos myös pintasolukon välilamellit ovat hyvin heikkoja, peruna voi hajota pinnasta käsin ja vetistyä. Vetisyyttä havainnoidaan esimerkiksi puristamalla halkaistua perunaa ja tarkastelemalla irtoaako perunan keskeltä nestettä vai ei. Ruotsissa voidaan vetisyyttä havainnoida kahdella eri mittarilla: Halkaisupinnasta keskikohtaa havainnoimalla (blöthet), ja vetisyyden tuntumaa suussa pureskellessa (blöthet/vattnighet) (Österström ym. 1982). Vetisyyden vastakohta on kuivuus.

### **Kovuus ja pehmeys**

Perunan kovuus tai pehmeys johtuu ensisijaisesti perunan kypsyysasteesta. Lisäksi vahva solurakenne ja välilamellit pitävät solut tiukemmin kiinni toisissaan, ja peruna on kovaa (Van Marle 1997b). Jos solut ovat pakkautuneet tiiviisti toisiaan vasten turvonneen geeliytyneen tärkkelyksen johdosta, mutta soluseinät eivät anna periksi, rakenne on entistäkin kovempaa. Myös perunan jäähtyminen keiton jälkeen tekee perunan rakenteen sitkeämmäksi, kun tärkkelys alkaa kiteytyä uudelleen (Jankowski 1992). Perunan rakenteen kovuuden mittaamisessa viitataan mukulaan kohdistetun voiman vasteeseen. Kun voima kohdistetaan vasten perunan toisiinsa liittyneiden solujen verkostoa, rikkoutuminen tapahtuu kun vastus on pienimmillään. Tässä menetelmässä joko solut irtoavat toisistaan välilamellien repeytyessä, tai solut rikkoutuvat – riippuen välilamellien vahvuudesta (Bordoloi ym. 2011). Kovuus voidaan todeta aistinvaraisesti jolloin testaajan omat havainnot ovat avainasemassa. Tarkempi tulos saadaan rakennemittarilla, jolloin rakenteen rikkoutumiseen tarvittava voima on standardoitu mittaustulos ilman yksilöllisiä eroja.



Kypsyys vaikuttaa tuloksiin: Raakojen perunoiden solut rikkoutuvat kun niihin kohdistuu voimaa, kun taas kypsien perunoiden välilamellit antavat helpommin periksi ja solut irtoavat toisistaan (Torres ja Parreño 2016). Tämä johtuu pektiinien hajoamisesta lämmön vaikutuksesta. Perunan solukon mikrorakenne, perunan soluseinien polymeerien ominaisuudet, tärkkelyksen määrä perunasolujen sisällä sekä tärkkelysjyvien koko ja muoto ovat tärkeitä tekijöitä perunan rakenteen määrittämisessä (Martens ja Thybo 2000). Nämä tekijät voivat vaikuttaa myös pureskelun yhteydessä koettuihin tai mekaanisessa prosessoinnissa tapahtuviin muodonmuutoksiin (Waldron ym 1997; Bordoloi ym. 2011).

Taulukko 2. Koostumuksen asteikko Saksassa (Bundessortenamt 2019).

Aste	Kuvaus
1 tai 2	mukula hajoaa kokonaan, on hyvin löysä (ei pehmeä)
3 tai 4	mukula hajoaa, on löysä, lohjenneet osat pysyvät koossa
5	Mukula on löysä, mutta osoittaa silti koheesiota
6	koheesio on vahvempi
7	mukula pysyy koossa, repeytyy helposti puhkaisukohdista
8	mukula pysyy koossa
9	mukula pysyy tiukasti koossa, siinä ei ole halkeamia puhkaisupisteessä (ei kova)

### **Koostumus, konsistenssi**

Perunan koostumus voi olla kiinteyttä tai kovuutta (Castellari 2012; Bundessortenamt 2019). Useissa eri mittarikokoonpanossa on mukana koostumus, (konsistenssi, consistency, Konsistenz), mikä tulkitaan eri maissa hieman eri tavoin. Ochsenbeinin työryhmän artikkelissa koostumus tulkitaan rakenteen pehmeudeksi, jossa ääripäissä ovat pehmeä ja kiinteä (Ochsenbein ym. 2008), ja he toteavat koostumuksen olevan lajikeriippuvainen ominaisuus enemmän kuin tärkkelyksen vaihtelevasta määrästä johtuva ominaisuus. Italiassa koostumuksen asteikko on välillä pehmeä – kova, ja sitä kuvataan massan vastustuksena sekä veitsellä leikatessa että pureskellessa, joka liittyy solujen erotteluasteeseen, jota suosii solujen välilamellinen pektiinien hajoaminen lämmön vaikutuksesta (Castellari 2012). Itävaltalaisessa AGES:n julkaisemassa lajikeraportissa Österreichische beschreibende Sortenliste koostumus kuvataan asteikolla erittäin löysä – erittäin kiinteä (Ages 2017). Arviointi liittyy kypsennetyn perunan mallon yhtenäisyyteen. Keitetyt mukulat jaetaan haarukan sivulla, joten mallon sisäinen vastus voidaan arvioida paremmin. Kiinteys voidaan testata myös murtamalla se kädellä tai murskaamalla kielellä kitalaessa. Saksalaisen lajikevirasto Bundessortenamt:n oppaassa koostumuksen eri asteet kuvataan vaihteittain löysästä hyvin tiukasti koossa pysyvään perunaan. Asteikon ääripäissä

korostetaan, että löysä ei ole sama kuin pehmeä, eikä koossapysyvä ole sama kuin kova (Taulukko 3) (Bundessortenamt 2019).

Koostumuksen tulkinnoista voidaan tehdä johtopäätös, että koostumus viittaa eri maissa joko koossapysyvyyteen välille löysä – kiinteä tai akselille pehmeä – kova. Kiinteä perunan rakenne tarkoittaa ehjää solukkoa, joka pitää muotonsa myös keiton jälkeen, esimerkiksi keitetessä palasina ja leikattaessa keitetystä perunasta palasia esimerkiksi perunasalaattia varten. Kiinteys johtuu osittain samoista tekijöistä kuin kovuus: Solujen vahvat rakenteet pitävät perunan solukon eheänä. Kovuutta voidaan havainnoida myös kypsyyden eri asteita mitatessa: Mitä kovempi peruna, sitä raaempi se on – ja mitä pehmeämpi, sitä kypsempi se on. Toinen rakenteen kovuuteen tai kiinteyteen vaikuttava tekijä on tärkkelyksen määrä: Kun tärkkelystä ei ole liikaa, solut eivät pullistu, vaan pysyvät alkuperäisessä muodossaan. Mikäli runsaasti tärkkelystä sisältävän perunan solujen välilamellit antavat periksi, perunan solut pyöristyvät ja irtoavat toisistaan solun sisäisestä paineesta johtuen. Sen sijaan, jos välilamellit ovatkin hyvin vahvat, solujen sisäinen paine aiheuttaa kovan rakenteen, joka purkautuu vasta sitten kun perunan rakenne hajotetaan mekaanisesti. Näille kahdelle merkitykselle ei kuitenkaan ole löydetty täysin toisensa poissulkevaa määritelmää.

### **Rakenteen tasajakoisuus**

Rakenteen tasajakoisuus kuvaa ensisijaisesti kuiva-aineen jakaumaa, ja suurin osahan siitä on tärkkelystä. Tärkkelyksen jakauma perunan mukulan sisällä on luontaisesti epätasainen. Suurimmat tärkkelysmäärät keskittyvät yleensä lähelle johtojännekehää ja pääsilmiä, ja perussolukossa (jälsi) kohti perunan ydintä määrät vähenevät (Genger 2014). Vähiten tärkkelystä on perunan ytimessä. Tärkkelysjakauma johtuu myös perunan fysiologisesta kypsyydsasteesta ja elinkaaren vaiheesta.

Tärkkelyksen jakautumisen tasajakoisuutta voidaan havainnoida tarkastelemalla jodilla värjättyjä perunaleikkeitä ja värieroja perunan eri osien välillä. Tasajakoisuutta voidaan arvioida myös aistinvaraisesti havainnoimalla keitetyn perunan rakenteiden eroja vertaamalla havainnointikuvaan, tai tunnustelemalla perunan eri kohtien rakennetta suussa kielen ja kitlaen välissä (Gravouelle 2019<sup>a</sup>). Ammattimaisilla siemenperunataloilla on otettu käyttöön hyperspektrininen laite, jonka avulla tärkkelyksen/kuiva-aineen jakautumista perunan sisällä voidaan havainnoida visuaalisesti rikkomatta perunaa (HZPC 2018). Tiedolla on merkitystä erityisesti, kun tarvitaan tasalaatuista perunaa – kuten ranskanperunoiden valmistuksessa.

## **Hienojakoisuus tai karkeus**

Hienojakoisuus ja karkeus voidaan havainnoida eri tavoin. Tasajakoinen, maltillinen tärkkelyspitoisuus joka ei turvota soluja yli oman alkuperäisen tilavuutensa mahdollistaa hienojakoisen rakenteen. Hienojakoisuutta edistävät myös solukon pieni koko ja pienet tärkkelysjiyvät (Van Marle 1997; Martens ja Thybo 1999). Toisaalta, runsas tärkkelyspitoisuus ja välilamellien heikkous irrottaa kypsiä soluja toisistaan, ja murustaa tai karkeuttaa perunan rakenteen. Tärkkelysjiyvien tilavuusosuus on hyödyllinen mittari ennustettaessa rakeista ja karkeaa rakennetta tai vetisyyttä. Jos tärkkelyspitoisuus on korkea, mutta solujen välilamellit vahvat, voi rakenne muodostua hyvin tiiviiksi tai halkeilla voimakkaasti tietyistä kohdin.

Karkeus määritetään usein aistinvaraisesti, mutta ominaisuutta voidaan havainnoida myös konenäön avulla. Ochsenbein ym. (2009) totesi, että karkeuden määrittämisestä ei saada uutta tietoa muiden rakennemääritteiden lisäksi, vaan karkeus seuraa pitkälle jauhoisuuden arvoja. Tämä mittari on kuitenkin edelleen laajalti käytössä, ja ansaitsee tarkemman tarkastelun. Solujen rakenteiden merkitys tämän mittarin suhteen jää avoimeksi: Tarkoittako karkeus samaa kuin jauhoisuus, ja hienous samaa kuin kiinteytys, vai voidaanko hienojakoisuudesta ja karkeudesta löytää tarkempia vivahteita morfologian tutkimisen kautta? Voidaanko aistinvaraisesti havaita eroja hienojakoisuuden ja kiinteyden välillä, ja onko tällä kaupallista merkitystä? Yksi hyvä esimerkki hienojakoisesta kaupallisesta tuotteesta on uudet perunat.

## **Tärkkelyspitoisuus**

Tärkkelyspitoisuus ilmoitetaan prosentteina tai g/100g perunaa. Mitä suurempi tärkkelyspitoisuus, sitä enemmän tärkkelystä yksittäisissä soluissa on, mikä lisää solujen turpoamisen painetta keitetäessä, ja sen myötä solujen irtoamista toisistaan. Toisaalta, mitä vähemmän tärkkelystä, sitä vähemmän solunesteillä on käyttöä keitetäessä. Tästä johtuen tärkkelyspitoisuuden ja jauhoisuuden tai vetisyyden välillä on selkeä korrelaatio. Tärkkelyspitoisuus määritetään yleensä vedenalaispainon avulla, jolloin käytetään joko laskentakaavaa tai taulukkoarvoja, jossa kyseistä vedenalaispainoa vastaa tärkkelyspitoisuus (Kumar ym. 2005). Vedenalaispainovaa'an sijaan voidaan puhua myös tärkkelysvaa'asta (Bundessortenamt 2019).

## **Tarttuvuus**

Tarttuvuutta kuvataan voimana, joka tarvitaan irrottamaan tarttunut perunanpalanen hampaista puraisun jälkeen (Thybo ja Martens 1998). Ominaisuus johtuu maltillisesti tärkkelyspitoisen perunan tärkkelyksen liimaavista ominaisuuksista, kun perunan rakenne on pehmeä. Tarttuvuus (stickiness, adhesiveness) on mittari, joka esiintyy muun muassa Perunantutkimuslaitoksella laadituissa keittokokeen uudistetuissa mittareissa (Kari ym. 2002<sup>a,b</sup>). Keitetyllä perunalla voi olla tarttuva ominaisuus, joten tämä on selkeästi perunalle mitattavissa oleva ominaisuus. Tarttuvuuden vuoksi keitettyä perunaa on käytetty perinteisesti myös liimana. Tarttuvuuden on havaittu lisääntyvän sen myötä, mitä kauemman aikaa keitosta on kulunut (Van Marle 1997a).

Tarttuvuuden mittaamisen kaupallisesta tarpeesta ei ole tiedossa hyviä esimerkkejä, minkä vuoksi mittari ei esiinny keittotyyppin yleistyneissä mittareissa. Thybo ja Martens (1999) havaitsivat, että tarttuvilla perunoilla on matalat kosteus- ja kovuusarvot. Thybon ja Martensin mukaan tarttuvuus- ja kosteusominaisuuksien välinen suhde liittyy lajikkeen ja varastointiaikojen erojen väliseen vuorovaikutukseen, eli tarttuvuusominaisuudet muuttuvat varastointikauden aikana. Pääsääntöisesti erittäin tarttavat perunat kuuluvat kiinteään kategoriaan, ja tarttumattomat jauhoisiin laatuihin.

Termi tarttuvuus (adhesiveness) esiintyy yhtenä parametrinä erityisesti rakenneprofiilianalyysissä (Texture Profile Analysis, TPA), jossa mitataan puremisliikettä jäljittelevällä kaksoispuristuksella voimaa ja aikaa, joiden perusteella pystytään laskemaan erilaisia rakenneparametrejä (TTC 2019). Euroopan maista kootuissa aistinvaraisissa mittaristossa ei tarttuvuutta esiinny, ja sen käyttö tutkimuksessa voi liittyä juuri pyrkimyksiin verrata aistinvaraisia mittauksia koneellisiin mittauksiin. Harva tieteellinen artikkeli myöskään tukee aistinvaraisten ja TPA-analyysin korrelaatiota (Thybo ja Martens 1999). Myös TPA-mittausta edustava yhtiö TTC toteaa, että TPA-mittauksen tarttuvuus ei aina sovellu kaikkiin tarkoituksiin (TTC 2019). Yhtiö suosittelee käyttämään erikseen tarttuvuuteen tarkoitettuja mittaustapoja.

## **Muut rakenteeseen liittyvät ominaisuudet**

Lisäksi keittohajoamisen arvioinnin ohella voidaan arvioida keitetyn perunan ulkonäkö arviointi (Soete 2018). Hyvä, laadukas, kaunis ja eheä pinta on tärkeä erityisesti ravintoloissa, jossa annoksen ulkonäöllä on suuri merkitys.

Lisää perunalle mitattavissa olevia ominaisuuksia voidaan hakea rakennemittarin mittarivalikoimista (Kilcast 2004). TPA-määrittelyn muut ominaisuudet ovat kovuus (hardness), hauraus/murtuvuus (fracturability), koossapysyvyys (cohesiveness), kimmoisuus (springiness), sitkoisuus/tahmeus (gumminess), pureskeltavuus (chewiness) ja sitkeys (resilience) (Kilcast 2004). Näistä kovuus on helpoiten verrattavissa aistinvaraisesti arvioitavaan kovuuteen. TPA-testissä saadaan ensimmäisestä puristuksesta kaksi voimaa: Voima F1 kuvaa näytteen lohkeamista ensimmäisen kerran ja voidaan havaita ensimmäisen puristuksen voimakäyrässä esiintyvänä ”pykälänä” ennen huippua. Varsinainen näytteen kovuus on ensimmäisen puristuksen huippuarvo F2. Koossapysyvyys lasketaan kahden puristuksen koko pinta-alan suhteesta 2.puristus/1.puristus. Kimmoisuus kuvaa näytteen palautumista ensimmäisen puristuksen jälkeen, ja lasketaan puristukseen ennen huippua kuluneiden aikojen suhteesta: puristusaika 2/puristusaika 1. Pureskeltavuus lasketaan kertomalla kovuus, koossapysyvyys ja joustavuus keskenään. Luku kuvaa näytteen pureskeluun tarvittavaa energiamäärää. Sitkeys lasketaan ensimmäisen puristuksen huippuarvon jälkeisen pinta-alan suhde huippuarvoa edeltävään pinta-alaan, ja kuvaa energiaa, jolla näyte palautuu ensimmäisen puristuksen jälkeen verrattuna energiaan, jonka käytettiin näytteen puristamiseen.

#### **2.4.2 Keittoluokat Euroopassa**

Eurooppalaisten keittokokeiden selvitys tehtiin tiedonhauulla kirjallisista lähteistä, verkkohauulla ja kontaktoimalla asiantuntijoita eri maista. Mukana tarkastelussa ovat Suomen lisäksi Espanja, Hollanti, Italia, Itävalta, Saksa, Ranska, Belgia, Sveitsi ja Ruotsi. Asiantuntijalausuntoja on erikseen saatu Belgiasta, Ranskasta ja Saksasta, ja käytetyt materiaalit ovat joko viranomaisten, peruna-alan yritysten tai tutkimuslaitosten tuottamia aineistoja, ja osa tiedoista on saatu sähköpostitse. Tiedot on saatu kustakin maasta alkuperäisellä kielellään, ja näitä materiaaleja on tutkittu sekä kääntämällä että vertailemalla eri materiaaleja keskenään. Pelkkä kääntäminen ei kuitenkaan riittänyt, vaan menettelytapojen asiayhteyksiä tuli tulkita käytettävissä olevien aineistojen pohjalta. Kaikki kontaktoidut tahot eivät vastanneet yhteydenottopyyntöihin, mutta tästä huolimatta mutta katsaus tarjoaa runsaasti tietoa mittareiden käytöstä ja niiden eroista. Selvitystyön edetessä etukäteen asetetut kysymykset muokkautuivat, ja selvitys toi esille myös asioita, jotka vaatisivat jatkotutkimusta. Selvityksen jälkeen myös tutkielman tavoitteet tarkentuivat.



Kuva 6. Suomalainen keittotyyppiluokittelu näkyy myyntipakkauksissa väreinä: Kiinteä peruna on vihreässä, yleisperuna on keltaisessa, jauhoisen peruna on punaisessa pakkauksessa.

Taulukko 3: Eurooppalaiset keittotyyppiluokat (Lisińska ja Leszczyński 1989)

Tyyppi	Kuvaus
A	Kiinteitä mukuloita, eivät hajoa, helppo leikata palasiksi, hiukan kostea ja sileä rakenne. Soveltuu salaatteihin ja säilykkeisiin. Välimuodot: AB, BA
B	Ruokaperuna. Melko kiinteitä mukuloita, vähäinen lohkeavuus, kevyesti jauhoisuutta, sileähkö rakenne. Monikäyttöinen peruna, esim. ranskalaiset perunat, salaatit. Välimuodot: BC, CB
C	Melko kiinteitä mukuloita, erittäin lohkeavia, jauhoisia, kohtalaisen kuivia ja kohtalaisen sileärakenteisia. Soveltuu uuniperunaksi, muusiksi, ranskalaisiin perunoihin. Välimuodot: CD, DC
D	Erittäin lohkeavia, hajoavia. Hyvin jauhoisia, kuivia ja karkearakenteisia. Tyyppi D jätetään useassa maassa ruokaperunavalikoimasta pois hajoavuutensa vuoksi. Kuitenkin esimerkiksi Puolassa D-tyyppi on mieluinen juuri tämän ominaisuuden vuoksi.

Suomessa kaupalliset keittotyypit jaotellaan kolmeen luokkaan, kiinteään, yleisperunaan ja jauhoiseen, jotka koodataan väreillä vihreä, keltainen ja punainen (Kuva 6). Kansainvälisesti tarkasteltuna keittotyyppijaottelu eri luokkiin on kaikkialla tulkittu samalla tavoin kiinteä – jauhoisen akselilla. Muualla Euroopassa jaottelu tehdään EAPR:n laatiman luokittelun mukaan luokkiin A - D, joista luokat A - C vastaavat suomalaista jaottelua kiinteästä jauhoiseen ruokaperunaan. Luokat A - C katsotaan ruokaperunalajikkeiksi kaikissa maissa, mutta luokka D on ominaisuuksiltaan ruokaperunaksi soveltuva vain joidenkin maiden ruokakulttuurissa (Taulukko 2). Välimuodot AB,BA,BC,CB,CD ja DC ovat myös käytössä tarpeen mukaan kuvaamassa välimuotoja, ja kumpaa muotoa lähempänä tutkittu erä on.

### 2.4.3 Erilaisia perunan keittolaadun määrittämisen kokoonpanoja Suomessa ja Euroopassa

Suomessa on käytössä muutamia eri kokonaisuuksia keittotyypin määrittämiseen. Yhden on luonut Petla, joka julkaisi uuden keittotyyppimäärittämissä ohjeiston vuonna 2002 (Kari ym.

2002a,b). Toinen hyvä esimerkki on MTT:n (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) vuonna 2008 julkaisema keittolaadun arviointitapa (Kankaala ym. 2014).

Taulukko 4. MTT:n keittolaadun määrittäminen

Arvosana	Ulkonäkö	Rikki- kiehuminen	Mallon väri	Jauhoi- suus	Maku	Jälki/ raaka- tummuminen
1	huono	Hajonnut, rikki -> 1/2 mukulasta	Harmaan kirjava	Malto löysä, vetinen	kelvoton, voimakas sivumaku	kokonaan tummunut
3	välttävä	kohtalaisesti rikki > 1/3 mukulasta	valkoi- nen	ei jauhoinen	huono, lievä sivumaku	pahasti tummunut
5	tydyttävä	lievästi rikki < 10 % mukulasta	vaalean keltai- nen	hiukan jauhoinen	tydyttävä, ruokaperuna- kelpoinen	kohtalaisesti tummunut
7	hyvä	kiinteä, lähes ehjä mukula	keltai- nen	kohtalaisen jauhoinen	hyvä	hiukan tummunut
9	erinomainen	täysin kiinteä, ehjä mukula	tum- man- keltai- nen	hyvin jauhoinen, kuiva	erinomainen, virheetön maku	ei tummunut

Suomessa yritykset ja alan muut toimijat käyttävät keittolaadun määrittämiseen suurilta osin aistinvaraisia menetelmiä. Mielenkiintoista on, että asteikot eivät eri arviointitavoissa aina kulje samansuuntaisesti. Keittohajoamista arvioidaan MTT:n ohjeiden mukaan välillä 50 % hajonnut – täysin kiinteä (Taulukko 4). Petlalla keittohajoaminen arvioidaan asteikolla täysin kiinteä - täysin hajonnut. Pisteytyksen perusteella arvioitavan keittotyypin luokittelun esimerkki on taulukossa 5.

Taulukko 5. Keittolaadun luokitteluasteikko Suomessa (Ahvenniemi, 2019).

Keskiarvo	Keittotyyppi
2,5 – 3,9	Kiinteä, vihreä pakkaus
4,0 – 5,9	Yleisperuna, keltainen pakkaus
6,0 – 7,5	Jauhoinen, punainen pakkaus
7,5 - >	Erittäin jauhoinen, tärkkelysperuna tai muuhun erityistarkoitukseen.

Petla on laatinut laajan perunan keittokokeen ohjeiston sekä tutkimuskäyttöön että erikseen keittoluokan määrittämiseen, ja Petlan suosittelemissa mittareissa on edellä mainittujen lisäksi mukana tarttuvuus. Euroopan käytännöistä poiketen Suomessa ei arvioida perunan rakenteen tekstuuria, eli hienojakoisuutta/karkeutta (Kari ym. 2002a,b) (Taulukko 6).

Eurooppalaiset keittotyypin mittarit pohjautuvat Winiger & Ludwigin artikkeliin (1974). Keskimäärin mittarikokoonpanojen keittotyyppiä määrittäviä rakennetta kuvaavia mittareita

on käytössä noin neljä mittaria erilaisissa kokoonpanoissa. Taulukossa 7 on listattuna eri maiden käyttämät mittarikokoonpanot. Näissä on huomioitava, että useat taulukon organisaatiot ovat tutkimuslaitoksia, joilla mittareita käytetään tutkimuksissa, ja näillä mittareiden määrä on keskimäärin viisi. Yritysten käyttämät mittaristot ovat valikoimiltaan selkeästi suppeampia, kuten HZPC:n kolme mittaria. Myös Svensk Potatis käyttää valikoimiltaan suppeaa mittaristoa. Liitteissä 1 ja 2 on tarkemmat kuvaukset eurooppalaisista mittareista.

Taulukko 6. Keittotesteissä käytetyt mittarit Euroopassa. (ES=Espanja, IT=Italia, AT=Itävalta, DE=Saksa, FR=Ranska, FI=Suomi, NL=Hollanti, CH=Sveitsi, SE=Ruotsi.)

Maa	Organisaatio	Keitto- hajoaminen	Tasa- jakaisuus	Jauhoisuus	Karkeus	Koostumus: kiinteys	Koostumus: pehmeys	Vetisyys	Tarttuvuus
ES	INIA	X		X	X	X		X	
IT	ASTRA	X		(1)	X		X	X	(2)
AT	AGES	X		X	X	X		X	
DE	BSA	X		X	X			X	
FR	Arvalis	X	x	x		x			(2)
BE	CRA-W	X		X	X	X		X	
FI	Petla	X		(1)		(1)		X	X
FI	MTT	X		X		(1)		(x)	
NL	HZPC	X	X	(1)			X		
CH	SHL	X		X	X	X	(X)	X	
SE	SP	X		(1)		(1)		X	
SE	SIK	X <sup>(2)</sup>		X <sup>(2)</sup>		X <sup>(2)</sup>		X <sup>(2)</sup>	X <sup>(2)</sup>

1) Kiinteys tai jauhoisuus on mittausten yhteistulos, sitä ei mitata erikseen

2) Mittari on tutkimuskäytössä

x Ranskassa keittotyyppi määritetään keittohajoamisen perusteella, ja pienellä x-merkillä merkattuja käytetään tarvittaessa tarkennuksiin.

INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	Wallonie reserche CRA-W HZPC
ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale	Perunantutkimuslaitos, Petla MTT (Kuuluu Luonnonvarakeskukseen) Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL
AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH	SP, Svensk Potatis SIK Institutet för Livsmedel och Bioteknik
Das BSA, Bundessortenamt	Arvalis Institut du végétal

(Van Marle ym. 1997a; Gravouelle 2019ab; Soete 2018; Pérez 2006; Castellari 2012; AGES 2014; Wallonie 2014; Arvalis 2019; BSA 2014; Österström ym. 1984).

Keittohajoamista (keittohajoavuutta) mitataan suoraan tätä tarkoittavalla termillä lähes kaikissa tutkituissa maissa. Vain Saksa on poikkeus, sillä siellä keittohajoaminen määritetään Konsistenz -nimisellä mittarilla, jonka asteikko on kiinteä – täysin hajonnut. Tämän vuoksi tulkitaan, että saksalainen Konsistenz ei ole koostumus vaan keittohajoaminen. Ainakin Belgiassa ja Ranskassa keittohajoamista arvioidaan vertaamalla



kuvaan erilaisista perunan hajoamisen asteista (kuva 7). Keittohajoamista arvioidaan erilaisilla asteikoilla, esimerkiksi: aivan liian vähän keitetty/eheä/ei ollenkaan hajonnut/kiinteä/sileä – täysin hajonnut/aivan liian kauan keitetty.

Rakenteen tasajakoisuutta määritetään ainakin HZPC:llä, ja mittaria käytetään, mikäli hyperspektrinen kuvantamislaitte on käytössä. Laitteen arvokkuuden vuoksi tasajakoisuuden määrittäminen ei ole kovin yleistä. Ranskassa on kuitenkin tutkimuskäytössä rakenteen homogeenisyys, joka arvioidaan kuvan perusteella (kuva 8).

Jauhoisuutta määritetään erikseen omana mittarina Espanjassa, itävallassa, Saksassa, Ranskassa, Belgiassa ja Sveitsissä. Toisaalta jauhoisuus kuitenkin tulee määritetyksi keittotyyppin tuloksena muiden mittarin avulla ilman, että tätä mitataan erikseen. Karkeuden ja hienojakoisuuden arviointi on tyypillinen keskieurooppalainen mittari, joka on käytössä kaikissa muissa maissa paitsi Ruotsissa ja Suomessa.

Kovuus ja pehmeys sekä kiinteys saivat kuvauksissaan paljon päällekkäisyyksiä, eikä mittaria tämän vuoksi erotettu erillisiksi kiinteyden ja kovuuden mittareiksi. Adjektiiveina kuvaukset ovat täysin eri asioita, mutta perunan keitto-ominaisuuksien kohdalla selkeää eroa näiden välillä oli vaikea tehdä. Kovuutta voidaan käyttää kiinteyden määrittämisessä, ja kiinteä voidaan nähdä pehmeän vastakohtana. Kyseinen mittari on käytössä jossain muodossa Italiassa, Itävallassa, Saksassa, Ranskassa, Suomessa ja Ruotsissa, mutta usein se on vain tutkimuskäyttöön tarkoitettu mittari. Kiinteyttä ei välttämättä arvioida erikseen, vaan se on jauhoisuuden tapaan mittausten yhteenvedon tuloksena saatu keittotyyppi. Vetisyys on myös hyvin yleisesti mitattu ominaisuus. Erityisesti Ruotsissa vetisyys tai märkyys (blöthet) nähdään yhtenä tärkeimpänä mittarina, ja SIK:n mittaristossa tämä oli arvioitavana jopa kahteen kertaan: sekä ulkoisesti että suutuntumalla. Tarttuvuus oli harvinaisin mittari, joka mainitaan tutkimuskäyttöön tehdyissä mittaristoissa, mutta yritysmittaristoissa sitä ei näissä kokoonpanoissa tavattu.

### **Mittaustapojen ja keittomenettelyjen vaihtelut**

Keittokokeen rakenneominaisuuksien mittaustavat vaihtelevat eri organisaatioissa ja maissa (Taulukko 7). Mittaustavat jakautuvat visuaaliseen tai muutoin ulkoiseen arviointiin, maistamiseen eli tunnisteluun suussa kielen ja kitalaen välissä ja instrumentaaliseen määrittämiseen. Tähän selvitykseen instrumentaalisia mittaustapoja tavattiin vain HZPC:n osalta. Aistinvaraisen arvioinnin jakaumasta havaittiin, että arviointi visuaalisesti on

yleisempää kuin suutuntumalla arviointi, mutta joissakin tapauksissa käytetään sekä ulkoista arviointia että arviointia suussa.

Taulukko 7. Eurooppalaisia keittotyyppien mittareiden käyttötapoja. (ES=Espanja, IT=Italia, AT=Itävalta, DE=Saksa, FR=Ranska, FI=Suomi, NL=Hollanti, CH=Sveitsi, SE=Ruotsi.)

		ES	IT	AT	DE	FR	BE	FI	FI	NL	CH	SE	SE
<b>Keittohajoaminen</b>	Visuaalisesti arvioimalla	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X <sup>4</sup>
	Instrumentaalisesti									X			
<b>Tasajakaisuus</b>	Instrumentaalisesti									X			
	Aistinvaraisesti	(x)				(x)	(x)						
<b>Jauhoisuus</b>	Visuaalisesti arvioimalla	X		X	X	x	X		X		X		
	Suutuntumalla			X									X
<b>Karkeus</b>	Visuaalisesti arvioimalla	X											
	Suutuntumalla	X	X	X	X		X				X		
<b>Koostumus, kiinteys/kovuus</b>	Instrumentaalisesti									X			
	Leikkaus, pisto tai murskaus eri välineillä	X		X		x	X				X		
	Suutuntumalla		X										X
<b>Vetisyys</b>	Visuaalisesti arvioimalla	X	X	X	X		X	X			X	X	X
	Suutuntumalla			X									X
<b>Tarttuvuus</b>	Visuaalisesti arvioimalla		X					X					X

#### 2.4.4 Instrumentaaliset menetelmät perunan rakenteellisten ominaisuuksien määrittämisessä

Instrumentaalisiksi menetelmiksi voidaan kutsua mitä erilaisimpia menetelmiä, joissa määrittämiseen käytetään jotain välinettä, instrumenttia, jonka avulla saadaan mittaustulos, kuten esimerkiksi vaaka tai työntömitta. Kun työvaltaisten aistinvaraisten arviointien tilalle on haettu ratkaisuja, joiden avulla perunan rakennetta voitaisiin havainnoida tehokkaammin ja samalla myös neutraalisti ilman yksilöllisistä havainnoinneista aiheutuvia eroja (Thybo ja Martens 1999). Peruna-alan suuremmissa yrityksissä on investoitu instrumentaaliin menetelmiin, mutta vaikka menetelmiä on jo käytössä, tarkat menetelmät jäävät usein yritysten sisäiseen tietoon.

Instrumentaalisten menetelmien suhteen tärkeää on löytää menetelmä, joka mittaa avulla toistettavasti sitä mitä ihminen aistii (Hakala ym. 2016). Jotta mittaukset olisivat luotettavia, on ne validoitava ja testattava sopivaksi kyseisen raaka-aineen ja tietyn ominaisuuden määrittämistä varten. Tämä on hidas prosessi. Usein instrumentaalinen rakenteen mittaus keskittyy pureskelun ja siitä aiheutuvien muutoksien tarkasteluun. Tällöin mittaustapana käytetään rakennemittausta, jossa määritetään ensisijaisesti rakenteen rikkoutumiseen vaadittavaa voimaa, mutta samalla voidaan havainnoida myös muita rakenteellisia tekijöitä.

#### Vedenalaispaine

Vedenalaispainon ohella käytetään hieman harhaanjohtavasti myös nimeä ominaispaino. Perunan kuiva-aineen ja tärkkelyksen määrittämisessä käytetään yleisesti vedenalaispainon määrittäystä, jossa käytetään erityistä vedenalaispainomittaria (Kremer-Schillings 2017). Termiksi on kuitenkin yleistynyt sana ominaispaino, mikä aiheuttaa sekaannusta laskentatapojen suhteen. Kirjallisuudessa on lukuisia laskentatapoja erilaisten ominaispainon, vedenalaisen painon, kuiva-ainepitoisuuden ja tärkkelyspitoisuuden välillä (Simmonds 1977). Hankaluutta aiheuttaa lisäksi se, että aina tehdyn määrittäksen laskentakaavaa ei ole ilmoitettu. Tässä työssä on sekaannuksien välttämiseksi käytetty termiä vedenalaispaino, ja se on laskettu yksinkertaisella kaavalla, joka perustuu kahteen punnitusarvoon: Painoon ”ilmassa”, eli normaaliin punnitukseen vaa’alla ja painoon vedessä, eli statiiviin korin avulla ripustettujen perunoiden (muista materiaaleista kuten korista ja vedestä pois taarattu) paino upotettuna vesiastiaan. (Kaava 1). Mikäli käytetään tarkoitukseen tehtyä vedenalaispainon vaakaa, tulos saadaan suoraan vaa’an asteikolta.

$$\text{Vedenalaispaino} = \frac{\text{Perunoiden paino ilmassa}}{\text{Perunoiden paino vedessä}} \quad (1)$$

Perunan vedenalaispainon eroavaisuudet johtuvat perunan sisältämien ainesosien tiheyseroista ja määristä. Perunan sisältämät tärkkelysryöväset ovat tiheydeltään keskimäärin n. 1.5 g/cm<sup>3</sup> (Otaka ja Imajyo 1986), kun puolestaan veden tiheys on 0,997 g/cm<sup>3</sup>. Tiheyseron vuoksi perunalla on suurempi vedenalaispaino, kun siinä on runsaasti tärkkelystä. Vedenalaispainon on usein katsottu voivan ennustaa rakenneominaisuuksia (Blahovec ja Hejlova 2006). Perunan mukulan vedenalaispainoo korreloi hyvin kuiva-ainepitoisuuden kanssa (Haase 2006). Vedenalaispainon arvon perusteella voidaan myös arvioida perunan tärkkelyspitoisuus, ja tätä varten on olemassa vedenalaispaino-tärkkelyspitoisuus -muuntotaulukkoja (Kumar ym. 2005). Etuna on se, että vedenalaispaino on yksinkertainen määrittäystapa. Lisäksi, toistot voidaan minimoida, koska suuri määrä perunoita voidaan määrittää kerralla. Vaikka jauhoisuuden onkin katsottu liittyvän korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen, niiden suhteen on katsottu olevan ristiriitainen (Blahovec ja Hejlova 2006). Tämä johtuu siitä, että jauhoisella perunalla voi olla myös erittäin tiukka solurakenne, jolloin solut pakkautuvat tiiviisti toisiinsa. Tämä voi johtua myös perunoiden varastointiaikana tapahtuvista pektiinirakenteiden muutoksista (kappale 2.2.2).

### **Keittohajoaminen kuvantamalla**

Keittohajoamisen arviointi voidaan toteuttaa kuvantamalla, jolloin tulkinta tehdään kuvan perusteella. Koneellisessa määrittäksessä ihmisen arviointikyky ja ihmisten erilaiset näkemykset eivät vaikuta tuloksiin. Esimerkiksi HZPC käyttää kuvantamista keittohajoamisen määrittämiseen. Yrityksen käyttämän kuva-analyysin menettelytapoja ei ole tarkemmin tiedossa. Kuva-analyysin looginen toteutustapa on kuitenkin värianalyysi. Värianalyysissä voidaan havainnoida elintarvikkeen pinnalta erilaisia värejä ja niiden eroja, myös pinnan rosoisuuden aiheuttamia valoja ja varjoja (Pathare ym. 2011). Kuva-analyysissä keittohajoaminen tai karkeus voidaan määrittää värierojen perusteella.  $L^*a^*b^*$  väriavaruudessa käytettävissä on vaaleus-tummuusakseli  $L^*$ , puna-viherakseli  $a^*$  ja kelta-siniakseli  $b^*$ . Vaaleutta ja tummuutta mittaava  $L$ -arvo voi mitata perunan vaaleita rikkonaisia pintoja parhaiten, ottaen huomioon sekä vaaleat rosoiset pinnat että tummempana erottuvat halkeamien varjot.  $L$ -arvojen keskihajonnat kertovat perunan eri pintojen välillä tapahtuvasta rikkonaisuuden vaihtelun suuruudesta.

### **Kovuuden ja pehmeuden määrittäminen rakennemittarilla**

Rakennemittaus (Texture Analyzer) määrittää, kuinka suuri voima tarvitaan kypsän perunan puseramiseen. Riippuen mittausanturista, rakennemittari voi kuvastaa melko hyvin perunan käyttäytymistä ruuanlaitossa ja syödessä (Stable Micro Systems 2019). Onnistuessaan rakennemittaus viittaa suutuntumaan pureskeltaessa, mikä on tärkeä osa kuluttajan kokemusta. Rakennemittarilla tehtävät penetraatio- tai puristustestit ovat osoittautuneet hyviksi vertailumenetelmiksi useiden rakenneominaisuuksien kanssa (Böhler ym. 1987). Toisaalta, mitattu rakenne ei aina korreloi riittävästi esimerkiksi aistinvaraisesti havainnoituun kiinteyteen.

Perunan rakenteen kovuuden määrittämistä on useimmiten tehty yksiakselisella puristustestillä, joka yhden puristuskerran testi ja rakenneprofiilianalyysillä (TPA), joka on kahden puristuskerran testi, ja imitoi pureskelua suussa (Thybo ja Martens 1999; Thybo ym. 2000; Singh ym. 2016). TPA-tieto ei kuitenkaan korvaa aistinvaraisia havaintoja. TPA -testin toinen puristuskerta kertoo materiaalin palautuvuudesta ensimmäisen puristuksen jälkeen, mikä on hyödyllistä joustavien materiaalien, kuten juustojen tutkimisessa. Tarkempi ennuste rakenteesta voidaan saada käyttämällä yksiakselista puristustietoa yhdistettynä vedenalaispainoon yhdistettynä puristuskäyrän tulkintaan (Thybo ja Van den Berg 2002). Koska perunaerän vaihtelevuus erän sisällä edellyttää useita rinnakkaisia määrittäksiä,

näiden menetelmien käyttö riippuu automatisoinnin mahdollisuuksista ja kalibroinnista teollisiin rutiineihin.

Rakenteen kovuutta voidaan tutkia myös penetraatiotestillä, jossa näytteen pinta puhkaistaan näytteen omaa pinta-alaa ja halkaisijaa pienemmällä anturilla. Näytteen kovuuden asteita voidaan tulkita anturin koko etenemisen matkalta pinnasta alkaen, kun anturi on halkaisijaltaan pieni, ja anturin etenemismuutos on riittävän hidas (Matikainen 2012; Shirvani ym. 2014).

Kolmas tapa määrittää rakenteen kovuutta on käyttää levymäistä leikkaavaa terää. Sillä voidaan esimerkiksi mitata näytteen kovuutta leikatessa sen kerrosten läpi tai testata näytteen puraisuvoiman tarvetta. Anturityyppi soveltuu suhteellisen kevyitä voimia vaativien tuotteiden leikkauskestävyyden testaamiseen. Tällainen on esimerkiksi TA-45 Incisor, jonka nimessä oleva sana incisor tarkoittaa etuhammasta (Texture Technologies 2019). Toinen esimerkki on TMS Craft Knife (Food Technology Corp. 2019). Anturia käytetään siten, että näyte on asetettu tasaiselle alustalle, näyte puhkaistaan tällä hampaan mallisella anturilla, ja anturi etenee perunassa lyhyen matkan. Testissä kohti näytteen keskikohtaa osuva anturi puhkaisee näytteen pinnan. Koska näyte on hammasta leveämpi, näyte voi myös lohjeta.

### **Kuiva-aineen jakautuminen, rakenteen tasajakoisuus kuvantamalla**

HZPC tutkii hyperspektrisellä kameralla kuiva-ainepitoisuuden jakaantumisen mukulan eri osien välillä (Paassilta 2018). Perunan kasvun ja varastoinnin eri vaiheissa kuiva-aineen jakautuminen mukulan sisällä vaihtelee tyypillisesti saaden suurempia arvoja perunan reunaluveilla ja pienempiä arvoja sisäosissa. Hyperspektrisen kameraselityksen avulla voidaan tarkastella kuiva-aineen jakaumaa pituussuunnassa leikattujen mukuloiden poikkileikkauspinnalla (HZPC 2019). Hyperspektrinen kuvantaminen tarjoaa mahdollisuuden etenkin ranskanperunateollisuudelle, mutta myös perinteisen keittolaadun tarkasteluun. Jos kuiva-aine keskittyy johtojännekehän ympäristöön mutta keskiosan kuiva-ainepitoisuus on matala, käyttäytyy peruna eri tavalla kuin kauttaaltaan jauhoinen peruna. Myös muita saman kaltaisia teknologioita on kokeiltu. Lähi-infrapuna-älyttävillä laitteilla perunaviipaleista ja homogenoiduista näytteistä voidaan arvioida perunan koostumus (Ochsenbein ym. 2009; Thybo ym. 2000; Van Dijk ym. 2002) tai kuiva-aineen määrä (Scanlon et al. 1999; Haase 2006). Tämän lisäksi, NMR (ydinmagneettinen resonanssi) spektroskopiolla määritetty data on korreloinut perunan rakenneominaisuuksien kanssa (Thybo ym. 2000). NIR (lähi-infrapuna spektroskopia) ja NMR ovat nopeita, ulkopuolelta tapahtuvia menetelmiä, jotka

voidaan liittää tuotantolinjaan. Nämä menetelmät vaativat kuitenkin paljon työtä, kuten oman algoritmin kehittämistä soveltuakseen haluttuun tarkoitukseen.

Hyperspektrinen kuvantamistekniikka on kuvantamistekniikan ja spektriteknologian yhdistelmä, eikä sitä käytetä pelkästään mitattavan näytteen kuvaominaisuuksien karakterisoimiseksi paikkatietona, vaan myös sen spektrin ominaisuuksien saamiseksi pikselistä tai pikseliryhmistä (Jiang ym. 2015; Wen-Hao ja Da-Wen 2017). Diffuusiheijastuminen tapahtuu vaakapinnasta sen jälkeen, kun näytteen pintarakenteisiin tuleva valo on vuorovaikutuksessa rakennekomponenttien kanssa, ja heijastunut valo sisältää informaatiota näistä rakenteista. Hyperspektraalista kuvantamistekniikkaa käytetään havaitsemaan myös muun muassa perunoiden kosteus- ja kokonaissokeripitoisuuksia (Kjaer ym. 2017).

#### **2.4.5 Kuvaileva menetelmä keittotyyppin aistinvaraisessa arvioinnissa**

Koska keittolaadun arvioinneissa on kyseessä lista kuvailevia ominaisuuksia, kuten jauhoinen, hajoava ja vetinen, aistinvaraisen arvioinnin menetelmistä juuri kuvaileva menetelmä soveltuu tähän arviointitapaan (Van Marle ym. 1997a).

Kuvailevan menetelmän tavoitteena on saavuttaa objektiivinen kokonaiskuva tuotteen keskeisimmistä aistittavista ominaisuuksista (Roininen ym. 2016). Menetelmässä ei keskitytä mieltymyksiin, ja monimerkityksisiä ominaisuuksia tulee välttää. Menetelmä on sekä laadullinen että määrällinen, sillä näytteen kuvailuun kehitetään ensin sanasto, minkä jälkeen luodaan arviointiasteikot ja liitetään sanalliset ankkurit referenssinäytteisiin. Menetelmässä käytetään koulutettua raatia, joka yhteisesti sopii ja valitsee käytettävät kuvailevat sanat. Kuvaileva menetelmä on hyödyksi erityisesti silloin, kun halutaan verrata useiden tuotteiden ominaisuuksia toisiinsa. Vaikka menetelmä on työvaltainen ja hidas, toisaalta sen etuna on, että menetelmässä tiettyyn tarkoitukseen kerran luotua sanastoa voidaan usein käyttää pitkään.

Kuvailevaan aistinvaraiseen raatiin tarvitaan henkilöitä, joilla on normaali aistien toiminta ja riittävä erottelukyky, sekä kyky kuvata näytteitä. Raati koostuu tavallisesti 10-12 arvioijasta. Mikäli tutkittavien eroavaisuuksien odotetaan olevan pieniä, raatilaisia voi olla enemmän, tai vaihtoehtoisesti lisätään arviointien toistoja. Sanaston luominen on kuvailevan analyysin keskeinen työvaihe. Jos sanasto on jo käytössä, mutta raati on uusi, tärkeää on

sanojen ymmärrettävyys ja yksiselitteisyys (Roininen ym. 2016). Yleisesti rakenteeseen liittyviä kuvailevien sanojen yksiselitteisyys on helpompaa kuin esimerkiksi hajujen kuvailu. Vertailunäytteiden käyttö ja termien sanalliset tarkennukset helpottavat käsitteiden ymmärtämistä.

Eviran (nyk. Ruokavirasto) toimeksiannosta tehdyssä aikaisemmassa maisterin tutkielmassa *Uusien perunalajikkeiden aistittava laatu* on käytetty kuvailevaa menetelmää (Harju 2010). Työssä arvioitiin aistinvaraisesti useita erilaisia perunan laadullisia ominaisuuksia, joista keittotyyppin mittarit olivat yksi. Työssä käytettiin runsaasti aikaa sanaston kehittämiseen ja yksiselitteisyyteen, ja jokaiselle mittarille sovittiin vertailunäytteet eli ankkurit pisteille 1 ja 9. Enemmän aikaa raati käytti uusien sanojen luomiseen, joilla kuvattiin 12 ulkonäköominaisuutta ja 5 makuominaisuutta sekä raa'alle että kypsälle perunalle. Keitettyjen perunoiden rakenteellisten ominaisuuksien mittareita oli 5, ja nämä olivat jo yleisesti käytössä olevia keittotyyppin mittareita. Työssä käytetyt rakenteellisille ominaisuuksille sovitut ankkurit on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8: Käytetyt keittotyyppin ominaisuuksien ankkurit tutkielmassa ”Uusien perunalajikkeiden aistittava laatu” (Harju 2010)

Ominaisuus	Ankkuri 1	Ankkuri 9
Vetisyys: kostea - kuiva	Vesimeloni	Cream Cracker
Kovuus: pehmeä - kova	Al dente porkkana	Banaani
Keittohajoaminen: ehjä – hajoava	Al dente porkkana	Wilhelmiina keksi
Jauhoisuus: ei jauhoinen – erittäin jauhoinen	Keitetty porkkana	Savoiardi keksi
Tarttuvuus: ei tarttuva, erittäin tarttuva.	Keitetty porkkana	Vihreä kuula

Jos varsinaisessa arvioinnissa esitetään vain osa näytteistä kerrallaan, raadin arviointien toistettavuus on hyvä selvittää. Tätä varten raadin on hyvä harjoitella arviointeja etukäteen (Roininen ym. 2016). Raadin kouluttamisen onnistuminen voidaan mitata jälkeenpäin tilastollisesti mittaamalla yhdysvaikutusta arvioijan ja näytteen välillä (näyte \* arvioija), ja onnistuessaan tilastollista merkitsevyyttä ei tulisi olla. Varsinaisissa arvioinneissa jokaisen arvioijan tulisi arvioida kaikki näytteet vähintään kahdesti. Jotta varmistuttaisiin että kuvataan vain yhden ominaisuuden voimakkutta, arvioinneissa on hyvä suosia yksinapaisia asteikkoja. Selkeästi vastakohtaiset ominaisuudet kuten pehmeä – kova voidaan kuitenkin tehdä kaksinapaiselle asteikolle. Tavallisin asteikkomuoto on tietyn määrämitan jana-

asteikko, jolta arvioinnit mitataan viivoittimella (Van Marle ym. 1997a; Roininen ym. 2016). Arvioinnin tulokset voidaan esittää visuaalisesti havainnollisen tähtikuvion avulla, varianssianalyysillä tai pääkomponenttianalyysin avulla.

#### **2.4.6 Suutuntumalla ja ulkoisesti tapahtuva rakenteen aistivarainen arviointi**

Elintarvikkeen rakennetta havainnoidaan usean eri aistin yhteisvaikutuksena. Kuulo-, näkö- ja tuntoaistit muodostavat käsityksen elintarvikkeen rakenteesta, ja se perustuu molekyylien keskinäiseen järjestäytymiseen (Hakala ym. 2016). Rakenteelliset ominaisuudet voivat liittyä rakenteen hajoamiseen, muotoon tai sen muuttumiseen tai esimerkiksi voiman aiheuttamaan aistittavaan värinään tai vastukseen. Kun ruoka-aineen rakennetta arvioidaan ulkoisesti, kyseeseen voi tulla arviointi ulkonäön, tai muun ulkoisesti tutkittavan menettelytavan avulla – esimerkiksi käyttämällä veistä, tikkua tai lusikkaa.

Kun puhutaan maistamisesta, on ensisijaisesti kyse maun ja flavorin aistimisesta. Tässä tutkimuksessa kyse on pelkästään rakenteen aistimisesta suussa, jolloin puhutaan suutuntumasta. Suu toimii monipuolisena tuntoaistimena, ja suuontelon kosketustunto on tärkeä aistimusten välittäjänä (Karhunen ja Tuorila 2016). Kun kyse on kiinteästä ruoka-aineesta tekstuurin aistiminen suutuntumalla sisältää ruoka-aineen samanaikaisen mekaanisten ominaisuuksien muuttumisen (Ross ja Hoyer 2012). Ruoan rakenteen murtuminen pureskelemalla johtaa myös maku- ja makuyhdisteiden vapautumiseen. Pureskelun aikana tapahtuu erilaisia käsittelyvaiheita, kuten ote ruuasta ja ensimmäinen puraisu, ruoka-aineen liikuttelu ja nielaistavan massan muodostuminen. Sylki on äärimmäisen tärkeä elintarvikkeiden suun kautta tapahtuvalle prosessoinnille, mutta sitä harvoin pidetään avainparametrina rakenteen havainnoinnissa (Carpenter 2012). Sylki on läsnä suussa, mutta sitä stimuloivat myös ruokien maku ja tuoksu sekä ruoan murskautumisprosessi suussa kielen ja kitlaen välissä. Sylki voi vaikuttaa ruoan reologiaan ja rakenteeseen monin tavoin sekoittuessaan ruokaan. Se on materiaali, jonka käyttäytymisen määrää ruoan rakenne ja koostumus. Esimerkiksi hauras, mutta kiinteä keitetty perunan pala murskataan ensin hampailla, minkä jälkeen se sekoittuu syljen kanssa pehmeän materiaalin muodostamiseksi, jotta se olisi valmis nieltäväksi. Syljen amylaasi voi auttaa tärkkelyksen sulamista ruoassa (van Aken ym. 2007). Yleisesti voidaan todeta, että ruoka-aineen reologia muuttuu suun kautta tapahtuvan käsittelyn myötä.



### 2.4.7 Keittotyyppin pisteyttäminen ja laskentatavat

Keittotyyppin määrittämisessä käytetyt pisteytys- ja laskentatavat kertovat paljon siitä, mitä ominaisuuksia keittotyyppin määrittämisessä eniten painotetaan. Pisteytys- ja laskentamenetelmissä voi olla suuriakin eroja, mitkä tuovat keittotyyppin vertailtavuuteen yhden ulottuvuuden lisää. Tähän selvitykseen esitellään keittotyyppin erilaiset määrittystavat Suomen lisäksi Belgiasta, Ranskasta, Saksasta ja Espanjasta. Kyseiset menetelmät edustavat erilaisia työskentelytapoja, ja näiden lisäksi on todennäköistä, että myös näistä poikkeavia tapoja laskea tai määrittää keittotyyppi on olemassa. Laskentatavan suhteen on huomioitava, että keittotyyppiä määrittävät mittarit on yleensä pyritty asettamaan asteikolle, jonka toisessa laidassa on kiinteät ominaisuudet ja toisessa laidassa jauhoiset ominaisuudet, mutta riippuen arvioitavasta ominaisuudesta, kaikki ominaisuudet eivät kuitenkaan aina ole suunnaltaan kasvavia jauhoisuuteen nähden. Myös arvioitavien perunanäyte-erien koko, arvioijien määrä ja asteikkojen laajuudet voivat vaihdella. Lisäksi mitatuilla ominaisuuksilla voi olla keittotyyppin laskennassa erilaisia painokertoimia, ja arvot voidaan jaotella luokkiin tasajaosta poiketen eri tavoin.

#### Ranska

Ranskassa ensisijainen keittotyyppin määrittävä ominaisuus on keittohajoaminen, toisin sanoen käyttäytyminen keittämisen yhteydessä (kuva 7). Keittohajoamiseen pohjautuva keittotyyppi (Délitement ID) määritetään ensin suoraan tämän arvion perusteella luokittelemalla mukulat taulukon 9 mukaan. Laskennassa käytetään kaavaa 2. Merkinnät  $n_0$  –  $n_3$  edustavat mukuloiden määrää kussakin luokassa. Luku  $Z$  on arvioidun perunaerän koko, yleensä noin 20 mukulaa. Tämän jälkeen voidaan tarkastella lisäksi perunan kuiva-aineen määrää, rakenteen tasajakaisuutta ja jauhoisuutta aistinvaraisesti arvioituna, ja ratkaistaan lajikkeen lopullinen soveltuvuus tiettyyn käyttötarkoitukseen.

$$ID = \frac{(n_0*0)+(n_1*1)...+(n_3*3)}{Z} \quad (2)$$

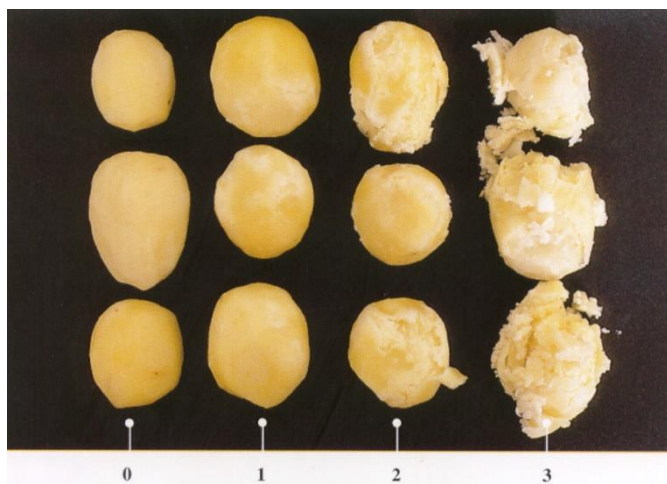
$$HT = \frac{(n_0*0)+(n_1*1)+(n_2*2)}{Z} \quad (3)$$

Rakenteen tasajakaisuutta (Homogénéité de la texture, HT) arvioidaan Ranskassa pisteytyksellä 0-2 (Kuva 8, kaava 3). Merkinnät  $n_0$  –  $n_2$  edustavat mukuloiden määrää kussakin luokassa. Tämä ominaisuus huomioidaan Ranskassa erikseen, ja vaikuttaa perunan soveltavuuteen esimerkiksi ranskanperunan valmistukseen. Rakenteen homogeenisyyden

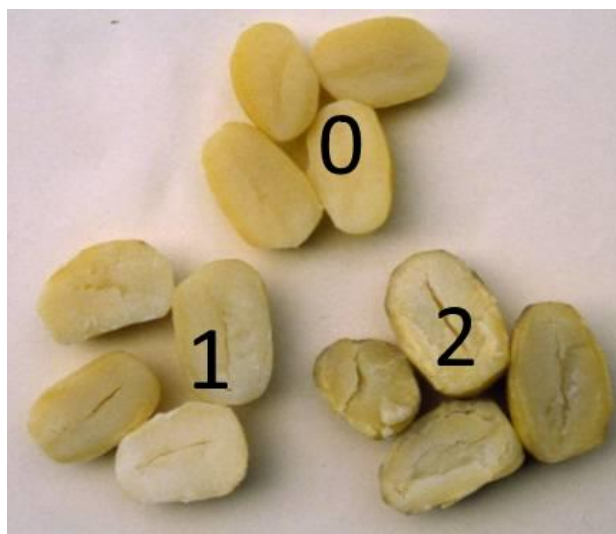
laskennan kaavassa merkinnät  $n_0 - n_2$  edustavat mukuloiden määrää kussakin luokassa. Luku Z on arvioidun perunaerän koko, yleensä noin 20 mukulaa.

Taulukko 9. Keittotyyppin arvioinnin asteikot Ranskassa.

Keittohajoaminen (0-3)	Arvorajat	Kuvaus	Keittotyyppi
0,0	0 - 0,42	Erittäin eheä	A
0,5	0,43 - 0,85	Eheä	A-B / B-A
1,0	0,86 - 1,28	Jokseenkin eheä	B
1,5	1,29 - 1,71	Keskiverto	B-C / C-B
2,0	1,72 - 2,14	Jokseenkin hauras	C
2,5	2,14 - 2,56	Hauras	C-D / D-C
3,0	2,57 - 3	Erittäin hauras	D



Kuva 7. Keittohajoamisen asteikko Ranskassa ja Belgiassa (Kuva: EAPR)



Kuva 8. Rakenteen tasajakaisuutta/homogeenisyyttä arvioidaan oheisen kuvan mukaisesti.

## Belgia

Belgiassa keittotyyppin tuloksen laskemiseen käytetään viittä eri ominaisuutta, jotka pisteytetään arville 1-10, ja lasketaan näille keskiarvo. Nämä ominaisuudet ovat keittohajoaminen, tasajakoisuus, kosteus, jauhoisuus ja rakeisuus (Taulukko 9). Kaikki ominaisuudet on pisteytetty arvoltaan kasvavaksi jauhoisuuteen nähden, ja keittotyyppi määräytyy taulukon 10 mukaan. Belgiassa keittohajoamisen arvioinnissa käytettävä vertailukuva on sama kuin Ranskassa, vain lopullinen pisteytys ja laskentatavat eroavat toisistaan.

Taulukko 10. Keittotyyppin arvioinnin asteikot Belgiassa

Ominaisuus	Asteikon arvot									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Keitto-hajoaminen	Ehjä, melko ehjä			Melko ehjä, hieman hajonnut			Hajonnut		Erittäin hajonnut	
Tasajakoisuus	Erittäin tasainen			Melko tasainen			Epätasainen		Erittäin epätasainen	
Jauhoisuus	Ei ollenkaan jauhoinen			Vähän jauhoinen			Jauhoinen		Erittäin jauhoinen	
Vetisyys	Hyvin vetinen			Jonkin verran vetinen - melko kuiva			Kuiva		Erittäin kuiva	
Hienojakoisuus	Erittäin hienojakoinen			Hienojakoinen -melko karkea			Karkea		Erittäin karkea	

Taulukko 11. Keittotyyppin luokittelu Belgiassa.

Arvot	Keittotyyppi
0 - 1	A -
1 - 2	AB
2 - 3	BA
3 - 4	B
4 - 5	BC
5 - 6	CB
6 - 7	C
7 - 8	CD
8 - 9	DC
9 - 10	D

## Suomi

Suomessa MTT:n menetelmässä käytetään keittohajoamista ja jauhoisuutta ensisijaisena määrittävänä mittarina. Tämän mittarin sisällä 10:n perunan erästä jokainen pisteytetään erikseen (Taulukko 6) ja lasketaan näille keskiarvo. Tulkinnan mukaan (Taulukko 12)

taulukkoarvo alle 2,5 on vetisyytensä vuoksi soveltumaton ruokaperunaksi. Jos lukema nousee yli 7,5:n, ovat perunat voimakkaasti keittohajoavia, eivätkä sovellu ruokaperunaksi.

Taulukko 12: Keittolaadun pisteyttäminen MTT:llä (Kankaala ym. 2014; Ahvenniemi, 2019)

Keskiarvo	Keittotyyppi
2,5 – 3,9	Kiinteä, vihreä pakkaus
4,0 – 5,9	Yleisperuna, keltainen pakkaus
6,0 – 7,5	Jauhoinen, punainen pakkaus
7,5 - >	Erittäin jauhoinen, tärkkelysperuna tai muuhun erityistarkoitukseen.

Petlan keittokokeen laskentatapa on hieman monimutkaisempi. Tulkinnan tekee haastavaksi pisteytystapa, jossa korkeat pisteet saavat kiinteä-jauhoisuus -akselilla vastakkaiset ominaisuudet, eli kuivuus ja kiinteys. Myös tarttuvuus -mittarin käyttö on Petlan menetelmässä erityinen ominaisuus (Taulukot 13 ja 14)

Taulukko 13. Petlan keittotestin pisteytys

Pisteytys	Hajoamisen kestävyys	Tarttuvuus	Kuivuus/vetisyys
9	Täysin kiinteä, ehjä	Erittäin tarttuva	Kuiva
7	Melkein ehjä	Tarttuva	Melko kuiva
5	Lievästi rikki >10 %	Hiukan tarttuva	Ei erityisen kuiva eikä vetinen
3	Melko hajonnut	Ei lainkaan tarttuva	Hiukan vetinen
1	Kokonaan hajonnut	Irtonainen, jauhoinen?	Erittäin vetinen

Taulukko 14: Keittoluokan määrittäminen Petlan mukaan (Kari ym. 2002a)

Keittotyyppi	Kuivuus	Tarttuvuus	Hajoamisen kestävyys
	vetinen - kuiva	Irtonainen, jauhoinen - tarttuva	Kokonaan hajonnut - kiinteä
Punainen	$\geq 7$	$\leq 4$	$\geq 5,5$
Keltainen	6-7	$\leq 6$	$\geq 7$
Keltainen/vihreä	$> 5,5 - < 6$	$\geq 5$	$\geq 8,5$
Vihreä	4,5 – 5,5	$\geq 5$	$\geq 8,5$

## Saksa

Saksan keittokokeita hallinnoi Bundessortenamt, ja Saksassa viitataan myös kaupallisiin luokituksiin (Taulukko 15), jotka ovat samankaltaiset kuin Suomessa, joskin yleisperunan sijaan puhutaan melko kiinteistä perunoista. Keittotyyppin arviointi Saksalaisella pisteytystavalla vaatii tarkkuutta, sillä arvovälit eri luokille eivät noudata tasaväliä, ja kaikki ominaisuudet eivät noudata samaa suuntaa kiinteä-jauhoinen akselilla (Taulukko 16).

Suurimman arvon 9 saavat erittäin kiinteä, erittäin karkea, erittäin jauhoinen ja vahvasti vetinen.

Taulukko 15. Keittotyypit Saksassa

<b>EAPR</b>	<b>Kuvaukset</b>	<b>(HKVO) Ruokaperunan kaupalliset luokitukset Saksassa</b>
A A-B	Kiinteä laatu	Kiinteä, fest kochend (f)
B-A B	Melko kiinteät tai heikosti jauhoiset	Melko kiinteä, vorwiegend fest kochend (vf)
C-B C	Hajoavat, jauhoiset ja kuivat	Jauhoinen, mehlig kochend (m)
C-D D	Erittäin hajoavat, vahvasti jauhoiset ja vahvasti kuivat	Ei kaupallista keittotyyppiä

Taulukko 16.

<b>Keittotyyppi</b>	<b>Koossapysyvyys</b>	<b>Hienojakoisuus</b>	<b>Jauhoisuus</b>	<b>Vetisyys</b>
A Kiinteä	7-9 kiinteä - erittäin kiinteä	1-5 erittäin hienojakoinen, melko hienojakoinen	1-3 erittäin heikosti jauhoinen - heikosti jauhoinen	4-7 heikosti vetinen - vahvasti vetinen
B Yleis	5-6 melko kiinteä - kiinteä	1-6 erittäin hienojakoinen - melko karkea	1-4 heikosti jauhoinen - melko jauhoinen	3-6 keskitasoisesti vetinen - vahvasti vetinen
C Jauhoinen	3-5 hajonnut - osittain hajonnut	3-7 hienojakoinen - karkea	5-7 melko jauhoinen - erittäin jauhoinen	2-5 erittäin heikosti vetinen - keskitasoisesti vetinen

## Espanja

Espanjassa keitetään 5 kuorittua perunaa suolattomassa vedessä, ja luokitellaan perunat viiden kuvailevan ominaisuuden perusteella (Perez 2006). Perunaerä saa siten viisinkertaisen luokittelun, ja näiden perusteella valitaan lopullinen luokittelu, joka voi olla jokin välimuoto kahdella kirjaimella ilmaistuna (Taulukko 17).

Taulukko 17. Espanjalainen luokittelutapa

<b>Ominaisuus</b>				
HAJOAMINEN	Ei hajonnut	Lievästi hajonnut	Kohtalaisesti hajonnut	Täysin hajonnut
KOOSTUMUS	Kiinteä	Melko kiinteä	Melko epätasainen	Epätasainen
JAUHOISUUS	Ei jauhoinen	Kevyesti jauhoinen	Jauhoinen	Erittäin jauhoinen
VETISYYS	Vetinen	Kevyesti vetinen	Kevyesti kuiva	Kuiva
RAKENNE	Hieno	Melko hieno	Melko karkea	Karkea
TYYPIT	A	B	C	D

#### **2.4.8 Keittotavat keittokokeessa**

Merkittävä keittokokeen vaihe on perunan keittotapa, ja tämänkin suhteen menettelytapoja on useita. Keittotapa vaikuttaa keittotulokseen, eli miten peruna pysyy koossa kypsyttyään. Olennainen havaittu käytäntöjen eroavaisuus on vesi- ja höyrykeiton käyttö. Höyry- ja vesikeiton vaikutuksia perunan kypsymiseen on verrattu lämmönsiirron tehokkuuden, mikroskoopilla tarkastellun solutason kypsymisen ja rakenteen pehmenemisen tasolla. (Matikainen 2012) Tutkimuksessa havaittiin selvimmät erot rakenteen pehmenemisessä, kun keitetyjen perunoiden kovuutta pinnasta keskiosaansa mitattiin puhkaisutestillä: Vedessä keitetty peruna pehmeni samassa ajassa enemmän kuin höyryssä keitetty. Höyryssä keitetty oli myös pinnasta kovempi kuin vedessä keitetty.

Suomessa on käytäntönä keittää perunat runsaassa vedessä (Kari ym. 2002a,b). Petlan ohjeiden mukaan kypsyyttä tulee tarkkailla pitkin keittoa, ja keittoaika tulee arvioida erikseen eri perunaerille. Vesikeiton suhteen sopivaa aikaa on haasteellista löytää erityisesti hajoamaan taipuvaisille perunoille, koska tärkkelyspitoisimmat lajikkeet sitovat runsaasti vettä, ja voivat liueta soseeksi keitinveeten.

Muualla Euroopassa keittokokeissa on yleistä keittää koeperunat höyryssä, joko höyryuunissa tai höyrykattilassa. Ranskassa ohjeellinen keittoaika höyrykeitolle on 40 minuuttia (Gravouelle 2019b), ja Italiassa 30 minuuttia (Castellari L. 2012). Saksassa keittokokeen perunat keitetään kuoripäällisinä (Bundessortenamt 2019). Kuori suojaa perunaa, jolloin keittotulos eroaa kuoritun perunan tuloksesta.

Vertailtavuuden kannalta myös veden kovuuden erot voivat vaikuttaa keittotuloksiin. Suomessa vesi on yleisesti pehmeää, mutta valtaosassa Keski-Eurooppaa vesi on kovaa. Kalsiumpitoinen vesi voi vaikuttaa perunan pintaosien rakenteeseen siten, että solurakenteiden pektiini ei liukene yhtä paljon kuin se liukeneisi pehmeään veteen (Johnston ym. 1983).

#### **2.4.9 Yhteenveto selvityksen tuloksista**

Eroavaisuuksia keittotyyppin määrittämisessä on kolme seikkaa: 1) Kaikkia mittareita ei läheskään aina käytetä, 2) mittareiden asteikkojen ääripäissä voi olla erilaisia asioita ja 3) mittaus- ja menettelytavoissa on jonkin verran eroja. Samaa ominaisuutta voidaan arvioida

joko visuaalisesti, työvälillä tai tunnustelemalla suussa. Lisäksi keittomenettelyissä on eroja. Keittokokeen eroavaisuuksiin vaikuttaa se, että koska keittotyyppin arvioiminen on hyvin työvaltainen prosessi, on arvioinnin mittareita on pyritty karsimaan. Mittareiden karsimisen taustalla on myös se, että niiden katsotaan mittaavan käytännössä samaa asiaa. Myös instrumentaalisia mittareita on käytössä, mutta on haastavaa löytää laajaa instrumentaalista mittaristoa joka vastaisi aistinvaraisesti tehtyjä arviointeja.

Ochsenbein ym. (2009) toteaa että perunan rakenne voidaan kuvata jo pelkästään kolmella ominaisuudella: Jauhoisuus, keittohajoaminen ja kovuus/pehmeys. Riippuen siitä, mikä on perunan tarkoitettu käyttö, niiden tärkeys vaihtelee. Kovuus on usein jätetty huomioimatta myös lajikkeiden luonnehdinnassa, sillä se on voinut peittyä muiden ominaisuuksien taakse. Tämän takia keittolaadun pisteytys viittaa jauhoisuuteen mutta ei kovuuteen. Perunan keittotyyppin tarpeita tarkastellessa tärkeä ominaisuus on myös perunan rakenteen tasajakoisuus, mikä liittyy vahvasti tärkkelyksen sijoittumiseen mukulan sisällä. Vaihtoehtona Ochsenbeinin kolmelle mittarille onkin esitetty, että perunan keittotyyppiä voitaisiin kuvata kolmiulotteisella mallilla, jonka akseleina ovat kiinteä – jauhoinen, kova – pehmeä ja tasainen – epätasainen.

### **3 KOKEELLINEN TUTKIMUS**

#### **3.1 Tavoitteet**

Keskeisin perunan kaupallinen määrittystapa on keittotyyppi, jonka perusteella perunaerälle voidaan valita sopivin käyttötarkoitus. Tässä työssä keskityttiin keittotyyppiä määrittäviin rakenneominaisuuksiin. Mitattavia ominaisuuksia on käytössä useita, ja nämä voivat kuvata samaa asiaa hieman eri näkökulmista. Myös aistinvaraiset mittaustavat vaihtelevat: Samaa ominaisuutta voidaan mitata joko ulkoisesti arvioimalla tai suutuntumalla. Tutkimusosion tavoitteena oli:

1. Toteuttaa testiarvioinnit eri mittareilla siten, että saadaan katsaus eri tavoin tehdyistä arvioinneista Euroopassa, kuten aistinvaraiset määrittystavat sekä mahdollisuuksien mukaan instrumentaaliset määritykset.
2. Analysoida eri mittaustapojen korrelaatiota ja rinnakkaisuutta sekä arvioida mittarieiden eri ulottuvuuksia.
3. Tehdä testiarvioinnit eri maiden kokoonpanoilla ja verrata näillä saatuja keittotyyppiejä keskenään.

Tutkielmassa huomioidaan, että suurilla perunataloilla on käytössään erilaisia instrumentaalisia mittaustapoja – kun taas pienemmillä yksiköillä määrittäminen tapahtuu aistinvaraisesti. Muut mittaukset toteutettiin esimerkkeinä instrumentaalisista määrityksistä, jotta saadaan käsitys niiden tuottaman tiedon laadusta. Tutkimusosio keskittyy mittaristojen tuottamiin mahdollisiin eroavaisuuksiin.

#### **3.2 Tutkimuksen materiaalit ja menetelmät**

Tämän tutkielman kokeellinen tutkimus kattaa valittujen keittotyyppin mittareiden aistinvaraisen arvioinnin kokeen sekä instrumentaaliset koeluontoiset määritykset.



### 3.2.1 Koesuunnitelma: Tutkittavat mittarit ja ominaisuudet

Laajennettu keittotyyppin testaus toteutettiin seitsemälle ominaisuudelle (Taulukko 18). Näitä testattiin sekä erilaisilla aistinvaraisilla arviointimenettelyillä että instrumentaalisilla mittareilla siten, että lähes jokainen ominaisuus tuli mitattua vähintään kahdella eri tapaa. Vedenalaispainon määrittämiselle ei tässä arvioinnissa haettu toista vaihtoehtoa. Mittareiden valinta noudatti pääosin esiselvityksessä havaittuja mittareita, mutta tarttuvuus päätettiin jättää tutkimuksen ulkopuolelle, koska sen käyttö ei ole yleistynyt, eivätkä haastatellut asiantuntijat nähneet sen käytölle perusteltua tarvetta. Tämän sijaan uusi näkökulma rakenteen tasajakoisuus – tai kuiva-aineen jakautumisen tasajakoisuus nähtiin tarkoituksenmukaisena mittarina.

Yleisenä johtolankana mittarien asettelulle oli oletettu kasvava asteikko kiinteästä kohti jauhoisia ominaisuuksia. Jotkut mittarit eivät kuitenkaan olleet yhtä johdonmukaisia asettelultaan. Esimerkiksi kovuus -mittari määriteltiin asteikolle suuri leikkausvastus - ei leikkausvastusta, eli määritys tehtiin välillä kovasta pehmeään, mutta ei ole itsestään selvää, ovatko jauhoiset perunat pehmeitä. Myös kuiva-aineen jakautumisen tasajakoisuus tai epätasajakoisuus ei sinällään kerro, tarkoittaako tasaisesti jakautunut kiinteää tai jauhoista.

Taulukko 18. Tutkitut seitsemän ominaisuutta, mittaustavat ja asteikot

Ominaisuudet	Muut mittarit	Aistinvarainen ulkoisesti	Aistinvarainen suutuntumalla	Asteikot 1-9
Vedenalaispaino				Arvioitu tärkkelyspitoisuus välillä 10 – 22 % Ehjä – täysin hajonnut
Rikkikiehuminen	Värierojen keskihajonnat (L-arvo valo/varjosuhde)	Arviointi ulkonäön perusteella		
Jauhoisuus	Värierot (L-arvo /valkoisuus)	Arviointi irtonaisen solukon perusteella	Arviointi kielen ja kitalaen välissä	ei ollenkaan jauhoinen - jauhoinen
Kovuus /pehmeys	Cylinder compression test 100 mm /HDP hammas	Leikkausvoiman tarpeen arviointi veitsellä leikkaamalla	Arviointi puraisemalla ja kielen ja kitalaen välissä	kova- pehmeä
Karkeus/ hienojakoisuus	Värierojen keskihajonnat (L-arvo keskihajonnat)	Arviointi leikkauspinnan ulkonäön perusteella	Arviointi kielen ja kitalaen välissä	sileä - karkea
Vetisyys		Erottuo vetisyyttä tai pehmeää keskarakennetta	Arviointi kielen ja kitalaen välissä	vetinen - kuiva
Kuiva-aineen jakautumisen tasajakoisuus	Hyperspektrinen kuvantaminen Vaihtoehto: Kahden alueen värierot		Vertailu aistinvaraisesti	tasaisesti jakautunut – epätasaisesti jakautunut

Tutkittavien perunaerien laatumääritykset suoritettiin seuraavassa järjestyksessä:

1. Vedenalaispaino (ennen keittoa)
2. Aistinvaraiset arvioinnit kypsennetyistä perunoista
3. Kuvat kypsennetyistä perunoista värianalyysiä varten
4. Kypsennettyjen perunoiden kovuuden mittaus rakennemittarilla.
5. Kuvien analyysit

Aistinvarainen arviointi tehtiin välittömästi keiton jälkeen. Aistinvaraisesti arvioitiin keittohajoaminen, jauhoisuus, kovuus, karkeus ja vetisyys kukin erikseen, ja ominaisuudet jauhoisuus, karkeus, kovuus erikseen eurooppalaisilla eri tavoilla joko ulkoisesti ja suutuntumalla.

Aistinvaraisessa arvioinnissa erityisesti perunalle erityisissä mittareissa vältettiin arvioimasta vastakkaisuuksia, ja keskitytään yhteen ominaisuuteen kerrallaan, jotta ei tehtäisi oletuksia määritteiden vastakohdista. Näitä ovat keittohajoaminen, jauhoisuus ja vetisyys. Näiden sijaan kovuuden vastakohdaksi voidaan yksiselitteisesti ymmärtää pehmeys, ja sileyden vastakohdaksi karkeus. Instrumentaalisista mittauksista vedenalaispaino, värierot ja rakennemittaukset tehtiin Seinäjoella SeAMK:n Bio- ja elintarviketekniikan laboratoriossa. Tärkkelyksen jakautumisen määrittämistä testattiin sekä Luke Oulun laboratoriossa hyperspektrisellä kameralla, tai kuvantamalla SeAMK:n värimittarin avulla. Tästä prosessista erillisenä tehtiin hyperspektriset kuvantamiset, ja rakennemittaus tehtiin toisen kerran uusilla näytteillä erillisenä prosessina.

Mittareihin ei otettu mukaan aivan kaikkia mahdollisia ominaisuuksia. Muun muassa tarttuvuus jätettiin mittareista pois, koska sitä käytetään hyvin vähän. Koostumuksen osalta mittaristoon otettiin kovuus, mutta ei kiinteyttä, koska kovuus oli helpompi määrittää, ja selkeämpi tulkita.

### **3.2.2 Tutkittavat näytteet**

Tutkittavana oli seitsemän eri perunalajiketta. Vertailtaviksi valittiin kaksi lajiketta jokaisesta ruokaperunan keittotyyppistä, ja lisäksi tarkasteltavana oli yksi tärkkelysperunalajike. Tällä pyrittiin saamaan riittävästi vaihtelua eri lajikkeiden ominaisuuksien asteikoilla. Kaikista lajikkeista otettiin vielä vedenalaispaino, jonka perusteella määritettiin tärkkelyspitoisuus (Taulukko 19).

Taulukko 19. Tutkimukseen valitut lajikkeet

Lajike	Koko	Ilmoitettu keittotyyppi	Tärkkelys	Pakkaaja
Annabelle	40-50 mm	Kiinteä	14,1 %	Tyrnävän ruokaperuna, Mäläskän peruna
Soraya	40-50 mm	Kiinteä	12,0 %	Myllymäen peruna
Melody	45-55 mm	Yleisperuna	14,4 %	-
Gala	45-55 mm	Yleisperuna	19,7 %	Haapamäen peruna
Afra	40-50 mm	Jauhoinen	16,3 %	Tyrnävän ruokaperuna, Mäläskän peruna
Rosamunda	45-55 mm	Jauhoinen	17,1 %	Myllymäen peruna
Albatros	45-55 mm	Tärkkelysperuna	21,7 %	Myllymäen peruna

### 3.2.3 Keittotavan valinta

Ennen arviointiajankohtaa perunan eri keittomenetelmiä ja -aikoja testattiin. Tavoitteena oli löytää menetelmä, jolla koesarjan kaikki seitsemän perunalajiketta voitaisiin kypsentää yhtenäisesti ja mahdollisimman yhtäaikaaisesti kypsiksi, jotta arvioijilla olisi kaikki näytteet yhtä aikaa arvioitavana. Keittotavan testi tehtiin käyttämällä kolmea eri keittotyyppiä, kiinteää, jauhoista ja yleisperunaa.

Suomessa keittokokeen yhteydessä annetun keitto-ohjeen menettelytapa on keitto runsaassa vedessä, ja kypsyyttä tulee seurata metallipuikolla. Ohjeen mukaan perunoita tulee keittää miedolla kiehuunalla, kansi raollaan, sillä voimakkaasti kupliva vesi voi kolhia perunat rikki.

Vesikeitto suoritettiin seuraavalla tavalla: Vettä lisättiin kattilaan niin paljon, että se riittäisi peittämään kaikki kerralla kypsennettävät testiperunat. Veden annettiin kuumentua kiehuvaaksi, ja testiperunat lisättiin kiehuvaan veteen. Keittoajan seuranta aloitettiin, ja kypsyyttä testattiin tikulla 25 minuutin keiton jälkeen muutaman minuutin välein. Vesikeitto osoittautui kuitenkin haasteelliseksi. Erityisesti jauhoiset perunalajikkeet sitoivat runsaasti vettä, ja perunat pyrkivät hajoamaan kokonaan veteen. Keittoaika vedessä on yksilöllinen jokaiselle lajikkeelle, ja keskimääräinen 30 minuutin keittoaika saattoi toisille lajikkeille olla liikaa. Perunantutkimuslaitoksen ohjeiden mukaan kypsyyttä tulee tarkkailla pitkin keittoa, mutta vesikeiton suhteen sopivaa aikaa oli hankala löytää hajoamaan taipuville perunoille: Jauhoiset perunat tuntuivat pitkään hieman kovilta, kunnes ne yhtäkkiä hajosivat kokonaan. Vaikka hajoaminen on yksi mittaustulos, olisi vesikeitolla hankalaa kypsentää seitsemää eri

lajiketta siten, että kaikki olisivat kypsiä samanaikaisesti. Yhtenäisen keittotuloksen saavuttaminen usealle perunalajikkeelle yhtäaikaaisesti vesikeitolla todettiin haasteelliseksi.

Euroopassa on yleinen tapa keittää koeperunat höyryssä, joko höyryuunissa tai höyrykattilassa. Ohjeellinen keittoaika höyrykeitolle on 30 - 40 minuuttia, riippuen mahdollisesti siitä keitetäänkö kattilassa vai uunissa. Keittotavan testi höyrykeitolle suoritettiin erillisissä höyrykattiloissa, joiden yläosassa oli erillinen höyrytysosa. Kattilat valittiin siksi, että eri lajikkeita oli helpompi seurata keiton aikana, verrattuna höyrykeittoon uunissa. Keitto aloitettiin kiehuttamalla kattiloissa pelkkää vettä, ja antamalla kiehumisen tasaantua säätämällä liedon lämpötilaa. Tasaantumisen jälkeen perunat asetettiin höyryosaan yhtäaikaaisesti. Menettelytapa osoittautui toimivaksi. Keittoajan lähentyessä 40 minuuttia, ensimmäiset lajikkeet olivat valmiita ja ne voitiin siirtää pois liedeltä. Viimeiset valmistuivat noin 40 minuutin keittoajan täytyttyä. Vaikka perunat hajosivat osittain höyrykeitossa, myös hajoavimmat perunat pystyttiin siirtämään kattilasta kohtuullisen yhtenä yksikkönä arviointia varten. Höyrykeitto kattilassa n. 40 minuutin ajan todettiin järkeväksi keittotavaksi, kun tutkittavia eriä on useampia samanaikaisesti.

### **3.2.4 Arvioijien koulutus**

Kuvailevan analyysin koulutukseen kuuluu sanaston luominen. Tässä tutkimuksessa käytettiin jo aiemmin luotuja sanastoja ja sanojen ankkureita (Harju 2010). Käytännössä raati siis opetteli ymmärtämään ja käyttämään valmista mittaristoa. Sen sijaan koulutuksessa tutustutettiin arvioijat mittareihin ja lomakkeeseen, sekä annettiin maisteltavaksi ja tunnusteltavaksi arvioinnin ankkurit (Taulukko 20). Harjoituskerralla raadille esiteltiin kolme perunalajiketta, jauhoinen, yleisperuna ja kiinteä, jotka oli kypsennetty harjoitusarviointia varten. Näiden ominaisuudet käytiin läpi yksi kerrallaan. Koulutusmateriaalissa käytiin jokainen mittari läpi, mitä ne tarkoittavat ja miten niitä tuli arvioida. Tavoitteena oli, että raadin jäsenet ymmärsivät jokaisen mittarina käytetyn sanan tarkoituksen, ja pystyisivät tunnistamaan ominaisuuksien eri asteita. Sanojen merkitysten hahmottamisessa pyrittiin yksiselitteisyyteen. Raadin kouluttamisen materiaalit ovat liitteenä 4. Materiaaleissa on mukana sekä esitysmateriaali että lista referenssinäytteistä ja arvioinnissa käytetyt mallikuvat.

Taulukko 20. Aistinvaraisessa arvioinnissa käytetyt ankkurit

<b>Ominaisuus</b>	<b>Ankkuri 1</b>	<b>Ankkuri 9</b>
Koossapysyvyys: ehjä – hajoava	Al dente porkkana	Wilhelmiina keksi
Kovuus: pehmeä - kova	Al dente porkkana	Banaani
Jauhoisuus: ei jauhoinen – erittäin jauhoinen	Keitetty porkkana	Savoiard keksi
Vetisyys: Vetinen - kuiva	Vesimeloni	Cream Cracker
Hienojakoisuus - karkeus	Perunasose	Rouhesämpylä

Ankkurit mukailivat aikaisemmassa tutkielmassa (Harju 2010) käytettyjä ankkureita, mutta jotain täytyi kuitenkin päivittää: Tarttuvuuden sijaan mitattiin hienojakoisuutta ja karkeutta, ja näille valittiin ankkureiksi perunasose ja rouhesämpylä. Koulutuksessa oli samanlainen arviointilomake käytössä kuin tulevassa arvioinnissa.

### 3.2.5 Näytteiden käsittely ja koodaus

Näytteiden koodausta varten valmisteltiin kaksi kaksi satunnaistettua kolminumeroisten koodien sarjaa Fizz -ohjelmalla (Biosystemes). Samalla luotiin satunnaistetut järjestykset jokaiselle arviointilomakkeelle kahdelle eri arviointikerralle. Koodaukset listattiin exceliin lajikelistaan, ja näytteitä varten tulostettiin numerotarroja koodausta varten. Näyte-erät koodattiin satunnaistetuilla kolminumeroisilla koodeilla alkaen myyntipakkauksista. Tämän ohella kaikki kyseisen erän käsittelyssä mukana kulkevat astiat saivat saman numerokoodin, jotta kulki näytteillä mukana vaiheesta toiseen aina arviointivaiheeseen saakka.

Arviointia varten perunat kuorittiin ja keitettiin kypsiksi höyrykattilassa aiemmin testatulla keittotavalla. Keittoa varten varattiin jokaiselle seitsemälle lajikkeelle oma höyrykattila. Kaikki arvioitavat perunat laitettiin kattilan höyryosaan 40 minuuttia ennen arviointiaikaa. Kiehumista ja kypsyystä tarkkailtiin keiton aikana, että kaikilla perunoilla olisi tasainen yhtenäinen kypsennys. Keiton jälkeen perunat halkaistiin, ja asetettiin numeroidulle lautaselle koodin mukaisesti. Perunanäytteet asetettiin tarjottimelle lomakkeen mukaisessa satunnaistetussa järjestyksessä.

### **3.2.6 Aistinvaraisen arvioinnin toteutus**

#### **Raadin rekrytointi**

Aistinvarainen arviointi suunniteltiin toteutettavaksi Seinäjoella, SeAMK:n Bio- ja elintarviketekniikan laboratoriossa, ja arvioijiksi kutsuttiin vapaaehtoisia sekä alan opiskelijoiden, opettajien että tutkijoiden joukosta. Koska mukana oli SeAMK:n opiskelijoita ja henkilökuntaa, työskentelyä varten haettiin tutkimuslupa SeAMK:lta.

#### **Raadin kuvaus**

Aistinvarainen arviointi toteutettiin 11 hengen raadilla. Raati koostui viidestä SeAMK:n Ruoka-yksikön opiskelijasta, jotka olivat joko Bio- ja elintarviketekniikan insinööriopiskelijoita tai agrologiopiskelijoita, ja 6:sta henkilöstä, jotka olivat joko SeAMK Ruoka -yksikön opettajia ja tutkimus- ja kehitysprojektien asiantuntijoita, tai Turun yliopiston elintarvikekehityksen tutkimusryhmän tutkijoita. Raadista kolme oli miehiä, ja kahdeksan naisia. Kaikki raadin jäsenet opiskelevat alaa tai työskentelevät elintarvikealaan liittyvissä asiantuntijatehtävissä. Osalla raadin jäsenistä oli myös aikaisempaa kokemusta aistinvaraisesta arvioinnista.

#### **Arviointilomake ja suostumus aistinvaraiseen arviointiin**

Arviointilomakkeelle valittiin asteikoksi porrastettu astikko välillä 1 – 9, kuten useassa maassa keittolaadun pisteytystapa on. Asteikko oli kuitenkin janamainen, ja arvioijat saivat valita janalta minkä kohdan tahansa. Jokaisella arvioijalla ja arviointikerralla oli oma satunnaistettu näytteiden esitysjärjestys, ja myös kahtena eri päivänä tehdyille arvioinneille oli erilliset satunnaistetut koodit ja satunnaistettu järjestys.

Arviointilomakkeessa oli 10 kohtaa, jotka lähtökohtaisesti olivat jaetut siten, että ensimmäiset viisi kohtaa arvioitiin ulkoisesti ja loput viisi kohtaa suutuntumalla, eli puraisemalla tai tunnustelemalla kielen ja kitalaen välissä. Kovuus, jauhoisuus, vetisyys ja karheus olivat lomakkeella kahteen kertaan, ensin ulkoisesti arvioitavana, ja sitten tunnustelemalla kielen ja kitalaen välissä. Pelkästään ulkoisesti arvioitiin keittohajoaminen, ja pelkästään tunnustelemalla kielen ja kitalaen välissä rakenteen eroavaisuudet, eli rakenteen tasajakoisuuden arviointi (Liite 2: Arviointilomake). Ennen arviointia jokaiselta raatiin osallistuvalla henkilöltä pyydettiin erillinen kirjallinen suostumus osallistumisesta aistinvaraiseen tutkimukseen (Liite 3: Suostumus aistinvaraiseen arviointiin.)

## **Arvioinnin toteutus**

Arviointia varten järjestettiin erillinen tila, jossa jokaiselle raatilaiselle oli oma sermillä rajattu arviointikopppi, mikä takasi työskentelyrauhan. Jokainen raatilainen arvioi perunaerät itsenäisesti. Arvioinnissa raatilailla oli työvälineenä terävä vihannesveitsi, haarukka, vesilasi sekä mallikuvat keittohajoamisen ja karkeuden asteista (Liite 2).

Arviointi suunniteltiin tiiviiksi kokonaisuudeksi, koska raati koostui vapaaehtoisista henkilöistä, jotka eivät saaneet työskentelystään palkkaa. Raadille järjestettiin yksi yhteinen koulutustilaisuus, ja kaksi arviointiaikaa, joista molempiin oli kaksi vaihtoehtoista ajankohtaa. Näillä järjestelyillä saatiin raati toteuttamaan kokonaisuus täysimääräisesti.

Arviointi toteutettiin käytännössä siten, että jokainen sai yhden puolikkaan perunan jokaisesta lajikkeesta arvioitavaksi yhtä aikaa, eli seitsemän perunan puolikasta. Koska arvioinnin tavoitteena oli nimenomaan mittarien testaus, ja koska arvioinnin koulutus tapahtui yhdellä kertaa, katsottiin parhaaksi tarjota näytteet arvioijille yhtä aikaa. Tämä mahdollisti sen, että arvioijat pystyvät havainnoimaan ja skaalaamaan eroavaisuuksia lajikkeiden ominaisuuksissa suhteessa annettuihin näytteisiin. Tällä tavoin saatiin varmemmin testattua arvioinnin mittareita asteikkojen eri arvoilla. Järjestelyissä huomioitiin se, että näytteet jäähtyivät nopeasti, mutta etuna oli se, että näytteet olivat koko arvioinnin ajan referensseinä toisilleen.

### **3.2.7 Muut määritykset**

#### **Rakennemittaukset**

Rakennemäärityksessä mitataan ensisijaisesti kovuutta. Perunan kovuuden mittaamisen yhdeksi menetelmäksi soveltuu rakenteiden vastuksen vaatiman voiman mittaaminen. Mittarina käytettiin Stable Micro Systems TA.XTplus Texture analyser rakennemittaria. Rakennemääritystä varten perunanäytteet leikattiin neljänneksiksi ensin poikittain sitten pitkittäin. Testinäytteenä oli 1/4 perunasta, ja näyte asetettiin testausalustalle siten, että mittausturvi kosketti ensimmäisenä perunanäytteen ulkopintaa, ja perunan sisäosa oli alustaa vasten.

Mittausta testattiin alun perin lautasmallin puristustestinä, jossa 100 mm leveä lautasmallin anturi murskaa perunanäytteen kokonaan. Menetelmän käytössä korostui se seikka, että

perunan sisäosa on useimmiten pehmeämpi ja romahtaa nopeasti, ja pintaosa puolestaan muodostaa nopeasti kuoren joka ei rikkoudu. Tämän vuoksi menetelmää vaihdettiin kohdistamaan voimaa pienemmälle alueelle perunan pinnassa. Rakennemittauksena käytettiin 10 mm leveää hammas -mallista leikkausanturia (HDP), Volodkevich Bite ilman vastakappaletta (jaws). Kyseistä anturia käytetään testeissä simuloimaan puraisua, ja nykyisin markkinoilla oleva tätä käyttötarkoitusta vastaava anturi on TA-45 Incisor, jonka nimessä oleva sana incisor tarkoittaa etuhammasta (Texture Technologies 2019). Anturia käytetään siten, että näyte on asetettu tasaiselle alustalle, näyte puhkaistaan tällä hampaan mallisella anturilla, ja anturi etenee perunassa 20 mm matkan. Testi on samalla myös puhkaisutesti, mutta anturin hampaan kaltainen muoto lohkaisee näytteen. Testissä oli käytössä 5 kilon kenno. Testissä kohti näytteen keskikohtaa osuva anturi puhkaisee näytteen pinnan ja lohkaisee sen. Leikkauspinnasta ei tule kokonaan suora, koska näyte on hammasta leveämpi, jolloin näyte helposti lohkeaa. Rakennemittausta varten perunanäytteet säilytettiin lämpiminä höyrykattilan höyrytysosassa erillisissä paperipusseissa (Serla eväspussit) odottamassa mittaussuoroaan, ja näytteet mitattiin lämpiminä erä kerrallaan. Paperipussit suojasivat liiallisen kosteuden vaikutukselta vuoron odottelun aikana, toimivat näytteen tunnistamisen välineenä ja säilyttivät näytteen pehmeiden. Jokaisesta näyte-erästä otettiin 4 itsenäistä mittausta, ja tuloksissa tarkasteltiin puhkaisuun tarvittavien maksimivoimien keskiarvoja.

### **Rakenteen tasajakoisuuden määrittäminen**

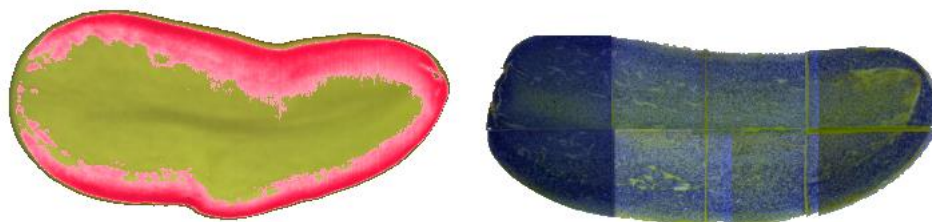
Rakenteen tasajakoisuuden määrittämistä kokeiltiin sekä hyperspektrisellä kuvantamisella että mittaamalla jodivärjätyn leikkeen värieroja halkaisupinnalla. Rakenteen tasajakoisuudella tarkoitetaan kuiva-aineen jakautumista, joka pystytään parhaiten erottamaan tärkkelyksen jakautumisen perusteella.

### **Hyperspektrinen kuvantaminen**

Hyperspektraalisen kuvantamisen soveltuvuutta perunan mukulan tärkkelyksen jakauman analysointiin testattiin Luke Oulussa. Testaukseen käytettiin Specim IQ – hyperspektrikameraa (Specim, Spectral Imaging Ltd), jonka mittausalue on 400 – 1000 nm. Kuvaukset toteutettiin kolmella tärkkelyspitoisuudeltaan erilaisella lajikkeella: Annabelle (kiinteä), Afra (jauhoinen) ja Albatros (tärkkelysperuna).



Perunan kuiva-aineeseen liittyvissä tutkimuksissa sopivimmaksi todettiin aallonpituusalueet 964 - 1655 nm (Wen-Hao ja Da-Wien 2017). Specim IQ toimii aallonpituusalueella 400 - 1000 nm, eli tämän kameran aallonpituusalueilla liikutaan mittausalueen yläpäässä. On siis todennäköistä, että tarkempia tuloksia saataisiin, kun aallonpituusalue kasvaa. Tämä on havaittavissa myös käytännössä siitä, että kuvia analysoitaessa heijastuskulmaa, jonka säätöalue on 0-1, aluetta täytyy säätää hyvin lähelle arvoa 1, jotta voidaan löytää erilaisia spektrialueita. Spektrin alueiden erottuminen pohjautuu oletukseen tärkkelyksen määrästä perunan eri kohdissa (Kuva 9). Kokeilumittauksissa käytettiin valkoisena referenssimateriaalina valkoista referenssilevyä. Koska hyperspektrinen menetelmä perustuu materiaalivalintoihin, referenssilevyn sijaan voisi kokeilla tässä tapauksessa sileää tasaista kerrosta perunajauhoa tai bariumsulfaattia (Kjaer ym. 2017).



Kuva 9. Hyperspektrisellä kameralla otettu kuva perunanäytteestä. kuvassa erottuu punaisella perunan tärkkelyspitoisemmat johtojännekehän ulkopuoliset osat. Sininen perunakuvio on jodivärjätystä perunaleikkeestä, josta tärkkelyksen sijoittumisen ero eri osien kesken määritetään värierojen perusteella lohkoittain.

### **Värierojen mittaaminen jodivärjätystä perunaleikkeestä**

Jodivärjätyn perunan värierojen vertailu on toinen vaihtoehto, mitä on käytetty PPP-hankkeen tutkimusperunoiden tärkkelysjakauman määrittämiseen. Menetelmässä jokaisesta näyte-erästä otettiin 3 mukulaa, joista leikattiin keskeltä leike. Leike värjättiin jodihöyryllä noin 15 minuutin ajan. Värjätystä leikkeestä otettiin kuvat Image Pro Plus 7 ohjelmalla (Media Cybernetics) ja Go-5 (Qimaging Ltd.) kameralla, johon oli kytketty Computar M6Z 1212-3S -objektiivi. Kamera oli kiinnitetty Kaiser RSX telineeseen (Kaiser Fototechnik GmbH). Kuvattava alue valaistiin kahdella voimakkaalla valaisimella (D65), jotka oli asetettu 45° kulmaan. Kamera oli asetettu 1 metrin etäisyydelle kuvauskohteesta. Kuvat analysoitiin Image Pro Plus -ohjelman lisäsovelluksella, Color Lab värinmittaussovelluksella (Cheos Oy). Jokaisesta kuvasta otettiin kaksi edustavaa näytealuetta: Johtojännekehä (=reuna) ja keskialue. Kultakin valitulta alueelta saatu väriarvo on kaikkien alueella mitattujen pikseleiden väriarvojen keskiarvo.

Tärkkelyksen sijoittumisen määrittämisen mittariksi on  $L^*a^*b^*$  väriavaruudesta valittu  $L^*$ , joka mittaa vaaleuden ja tummuuden eroja. Tuloksissa verrataan johtojännekehän (reuna) ja keskiosan sini-kelta-alueen värieroja. Perunan mallon (keskialueen) väriarvo on vähennetty johtojännealueen väriarvosta.

Keskihajonta –virhepalkki kuvaa värierojen hajonnan suuruutta. Suuri värihajonta tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tärkkelys painottuu johtojännekehässä itupäähän, tai keskiosassa tärkkelys sijoittuu mallon reuna-alueille. Keskellä sijaitsevassa ytimessä on usein kaikkein vähiten tärkkelystä.

Värierotietoa on käytetty suhdelukuna arvioitaessa tärkkelyksen jakautumista johtojännekehän ja mallon välillä, joille on laskettu arvioitu jakauman prosenttiosuus. Kullekin perunaerälle on erikseen määritetty tärkkelyksen määrä prosentteina perunan kokonaispainosta. Tärkkelyksen määrää on käytetty hyväksi tärkkelyksen määrän jakaumassa, jolloin on voitu esittää arvioitu jakauma johtojännekehässä ja mallossa grammoina/100 g perunaa.

### **Jauhoisuus ja keittohajoaminen värimittauksen avulla**

HZPC:llä kuvantaminen on käytössä myös keittohajoamisen määrittämisessä. Tämä tapahtuu koneellisesti kamerakammiossa, johon kytketty sovellus tekee tulkinnan kuvan perusteella. Tarkkaa menetelmää tähän ei ole tiedossa. Tarkoitukseen päätettiin kokeilla edellä kuvattua värimittausta ilman jodivärjäystä. Keitetyistä perunoista otettiin kuvat edellä kuvatulla värimittarilaitteistolla. Jokaisen lajikkeen kolmesta perunan puolikkaasta otettiin kuvat sekä ulkopinnasta että halkaisupinnasta, ja näiden  $L^*a^*b^*$  -arvoja sekä samojen lukujen keskihajontoja tarkasteltiin SPSS-tilasto-ohjelmalla yleistetyillä lineaarisilla malleilla. Jokaisen parametrin merkitsevyyttä suhteessa lajikkeeseen tarkasteltiin Parameter Estimates -taulukon avulla.

### **Vedenalaispaine**

Vedenalaispaine määritettiin raa'asta perunasta punnitsemalla niiden normaalipaino ja paino vedessä (Kappale 2.3.1). Vedenalaispaine määritettiin raa'oista perunoista ennen keittoa.

### 3.2.8 Tulosten käsittely

Erilaisten määritysten tavoitteena oli havainnoida sekä eri ulottuvuuksiin asettuvia että toisiaan korreloivia mittareita. Vertailu toteutettiin tekemällä keittotyyppin määritykset seitsemälle lajikkeelle, ja käsittelemällä dataa monimuuttujamenetelmien kuten PCA-mallin avulla. Työn johtopäätökset tehtiin korrelaatioiden ja pääkomponenttianalyysin pohjalta. Tilastolliset analyysit toteutettiin IBM SPSS Statistics -tilasto-ohjelmalla, versio 25. (SPSS Inc.) Tuloksia verrattiin pääkomponenttianalyysillä PCA (The Unscrambler® X versio 10.4.1.) Näiden avulla pyrittiin ratkaisemaan mittareiden korrelaatio, poikkeaminen toisistaan ja kuvaavuus. Ominaisuuksien vastakkaisuutta ja rinnakkaisuutta käytetään keinona tutkittaessa mittarin soveltuvuutta. Unscrambler -analyysiä varten muiden kuin aistinvaraisten mittareiden tulokset skaalataan asteikolle 1-9. Asteikkojen skaalaus tehdään Excelillä kaaviokuvan trendiviivan kaavan avulla. Muuntoasteikot liitteenä 5.

Aistinvaraisen arvioinnin kokonaistulosten arviointiin käytettiin yleistettyjä lineaarisia malleja (IBM SPSS Statistics). Mallin tyyppiä valittiin Linear ja linkiksi Identtilinkki. Mallin riippuvaksi parametriksi asetettiin keittohajoaminen, ja mallissa testattiin sekä päävaikutuksia että yhdysvaikutuksia.

Eri tulosvaihtoehtojen analysointiin käytettiin yleistettyjä lineaarisia malleja (IBM SPSS Statistics). Mallin tyyppiä valittiin Linear ja linkiksi Identtilinkki. Värimittarin osalta muuttuvana tekijänä oli lajike. ennustavina tekijöinä värimittarin osalta  $L*a*b^*$ -arvot sekä näiden keskihajonnat. Jokaisen parametrin merkitsevyyttä suhteessa lajikkeeseen tarkasteltiin Parameter Estimates -taulukon avulla.

Instrumentaalisten mittarikokeilujen tarkoituksena oli verrata niillä mitattuja tuloksia aistinvaraisiin tuloksiin, ja muodostaa käsitys instrumentaalisten mittareiden käytön rinnastamisen mahdollisuuksista aistinvaraisten mittareiden kanssa.

### Keittotestiversioiden esittäminen

Tutkimuksesta saatuja aineistoja käytetään lopuksi esittelemään eri keittotyyppituloksia. Tulosversioina esitellään Suomen, Belgian, Ranskan ja Saksan keittotyyppien tulokset, joille on kappaleessa 2.4.3. esitetty laskentatavat. Näiden lisäksi aistinvaraisista arvioinneista suutuntumalla arvioidut ja ulkoisella arvioidut keittotyyppitulokset lasketaan ja luokitellaan Belgian tyyliin keskiarvona ottaen huomioon jauhoisuus -akselille soveltuvat ominaisuudet. Myös instrumentaalisista määrityksistä lasketaan keittotyyppitulokset. Mittalaitteilla ja

kuvantamismenetelmillä saatdud mittaustulokset skaalataan asteikolle 1-9, että tulokset olisivat verrattavissa aistinvaraisten mittareiden kanssa.

### 3.3 Tutkimuksen tulokset

#### 3.3.1 Aistinvaraiset arvioinnit

##### Aistinvaraisten tulosten kokonaisarviointi

Ensimmäisenä tarkasteltiin onko aistinvaraisen arvioinnin tuloksissa erityistä huomioitavaa, kuten vaikuttaako erillisinä arviointipäivinä saadut tulokset lopputuloksiin tai onko yksittäisen arvioijan arvioissa merkitsevää vaikutusta tuloksiin.

Taulukko 21: Mallin vaikutusten testaus

Riippuva muuttuja: Keittohajoaminen	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	2,695	1	,101
Arvioija	41,956	10	,000
Päivä	2,428	1	,119
Jauhoisuus	0,467	1	,494
JauhoisM	1,007	1	,316
Kovuus	2,634	1	,105
KovuusM	6,564	1	,010
Vetisyys	2,943	1	,086
Vetisyym	0,989	1	,320
Hieno/karkea	1,028	1	,311
Hieno/karkeaM	2,223	1	,136
Rak_tasajakois	0,966	1	,326
Arvioija * Päivä	7,191	10	,707
Jauhoisuus * JauhoisM	0,006	1	,938
Kovuus * KovuusM	3,133	1	,077
Vetisyys * Vetisyym	1,834	1	,176
Hieno/karkea * Hieno/karkeaM	0,569	1	,451
Jauhoisuus * Kovuus * Vetisyys * Hieno/karkea	3,325	1	,068
JauhoisM * KovuusM * Vetisyym * Hieno/karkeaM	0,117	1	,732
Lajike	15,451	6	,017

Mallin vaikutusten arviointitaulukossa merkitseviä tekijöitä olivat arvioija, suutuntumalla arvioitu kovuus ja lajike (Taulukko 21). Lajikkeella on luonnollisesti merkitystä, koska lajikkeet oli valittu tarkoituksella erilaisiksi. Suutuntumalla arvioitu kovuus erottui muista parametreistä, ja tähän palataan tuloksissa myöhemmin uudelleen. Arvioija -parametrin merkitsevyys mallissa tarkoittaa, että yksilölliset havainnot poikkesivat toisistaan. Yksittäisten arvioijien vaikutusta tarkasteltiin tarkemmin Parameter Estimates -taulukon avulla. Tässä yhdenkään arvioijan kohdalla ei tullut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta,

joten käytetyn mallin perusteella arvioinnit ovat kaikki valideja. Parametrien estimaattien kannalta muita merkitseviä tekijöitä olivat lajikkeet Afra, Albatros, Gala ja Rosamunda, sekä yksittäisenä parametrinä edelleen maistettuna arvioitu kovuus.

Mallin yhdysvaikutuksia testattiin sekä jauhoisuus, kovuus, vetisyys ja hienous/karkeus - ominaisuuksien ulkoinen-suutuntumalla -pareina että näiden neljän ryhminä ulkoinen ja suutuntumalla -ryhmät. Mikään näistä yhdysvaikutuksista ei ollut tilastollisesti merkitsevä keittohajoamiseen nähden. Yhdysvaikutuksena nämä eivät siis yksinään toimisi selittävänä tekijänä keittohajoamisen tuloksiin.

Taulukko 22. Aistinvaraisten arvioiden keskinäiset korrelaatiot. Keittoh=keittohajoaminen, Jauh=jauhoisuus, Kov=kovuus, Vet=vetisyys, Kark=karkeus, RakT=Rakenteen tasaisuus. U= ulkoisesti arvioitu, M=suutuntumalla arvioitu. (n=154)

		Keittoh	JauhU	JauhM	KovU	KovM	VetU	VetM	KarkU	KarM	RakT
Keittohajoam	Pearson	1	,773**	,736**	,184*	,138	,697**	,667**	,790**	,576**	-,100
.	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,022	,087	,000	,000	,000	,000	,215
Jauhoisuus	Pearson	,773**	1	,778**	,162*	,044	,848**	,746**	,850**	,550**	-,176*
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,044	,591	,000	,000	,000	,000	,029
JauhoisM	Pearson	,736**	,778**	1	,124	,160*	,727**	,767**	,771**	,611**	-,097
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,125	,048	,000	,000	,000	,000	,231
Kovuus	Pearson	,184*	,162*	,124	1	,314**	,080	,121	,061	,049	,172*
	Sig. (2-tailed)	,022	,044	,125		,000	,327	,134	,456	,543	,033
KovuusM	Pearson	,138	,044	,160*	,314**	1	-,005	,064	,039	,023	,004
	Sig. (2-tailed)	,087	,591	,048	,000		,954	,427	,627	,776	,961
Vetisyys	Pearson	,697**	,848**	,727**	,080	-,005	1	,817**	,801**	,575**	-,101
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,327	,954		,000	,000	,000	,211
VetisyysM	Pearson	,667**	,746**	,767**	,121	,064	,817**	1	,723**	,673**	,008
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,134	,427	,000		,000	,000	,921
Hieno/karkea	Pearson	,790**	,850**	,771**	,061	,039	,801**	,723**	1	,619**	-,170*
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,456	,627	,000	,000		,000	,035
Hieno/karkea	Pearson	,576**	,550**	,611**	,049	,023	,575**	,673**	,619**	1	-,047
M	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,543	,776	,000	,000	,000		,565
Rak_tasajako	Pearson	-,100	-,176*	-,097	,172*	,004	-,101	,008	-,170*	-,047	1
is	Sig. (2-tailed)	,215	,029	,231	,033	,961	,211	,921	,035	,565	

\*\* . Korrelaatio on merkitsevä 0.01 tasolla (2-suuntainen). \* . Korrelaatio on merkitsevä 0.05 tasolla (2-suuntainen).

Aistinvaraisten mittareiden korrelaatioiden perusteella voidaan ennustaa, mitkä mittarit ovat keskenään rinnakkaisia, tai vastakkaisia. Keittohajoaminen korreloi selkeästi jopa 8:n mittarin kanssa, ja näistä ulkoisesti ja suutuntumalla testatut jauhoisuus, vetisyys, hienous/karkeus korreloivat selvästi p-arvolla  $> 0,01$ . Lisäksi ulkoisesti arvioitu kovuus korreloi p-arvolla  $> 0,005$ , mutta suutuntumalla arvioitu kovuus ei enää korreloi keittohajoamisen kanssa (Taulukko 22). Molemmat jauhoisuuden aistinvaraiset arviot korreloivat merkitsevästi keskenään p-arvolla  $> 0,01$ , sekä lisäksi molempien vetisyyden ja hieno/karkea -arvioiden kesken.

## **Keittohajoaminen**

Keittohajoaminen eli rikkikiehuminen arvioitiin ensimmäisenä. Mittari toteutettiin ulkoisesti arvioimalla, ja arviointi erotteli lajikkeet selvästi. Arvioijat olivat myös kohtuullisen yksimielisiä keittohajoamisen tasosta. Eniten hajosivat tärkkelystä paljon sisältävät Rosamunda, Albatros ja Gala. Vähiten hajosivat kiinteät perunalaadut Annabelle ja Soraya (Kuva 10). Yleisperuna Melody pysyi myös hyvin koossa. Yleisperunaksi pakattu Gala ja jauhoiseksi pakattu Afra olivat tässä kategoriassa etäällä omien keittoluokkiensa vastinpareista, jotka olivat yleisperuna Melody ja jauhoinen Rosamunda.

## **Jauhoisuus**

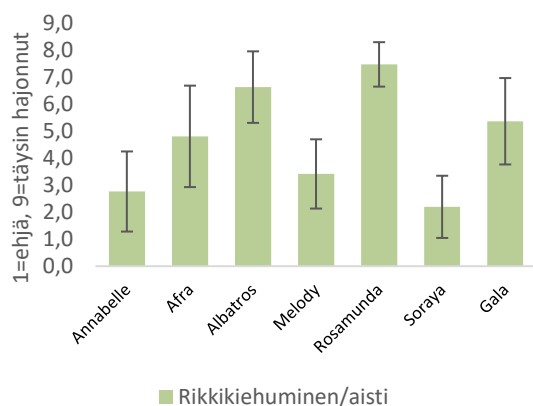
Jauhoisuus arvioitiin erikseen sekä ulkoisen vaikutelman perusteella että tunnustelemalla kielen ja kitlaen välissä perunan murenevuutta (Kuva 11). Määrittäminen aloitettiin ulkoisesta arvioinnista, ja pienen tauon jälkeen jatkettiin suutuntumalla. Arvioinnit olivat hyvin samansuuruisia, ja myös keskihajonta oli melko samaa luokkaa. Jauhoisimmiksi erottuivat Albatros, Rosamunda ja Gala. Edelleen jauhoinen perunalaatu Afra jäi muista jauhoisista laaduista reilusti kauas. Kun verrataan keittohajoamista, tärkkelyspitoisuutta ja jauhoisuutta, arvot näyttävät olevan samaa luokkaa, ja mittareissa voidaan havaita rinnakkaisuutta..

## **Koostumus: Pehmeys (kovuus)**

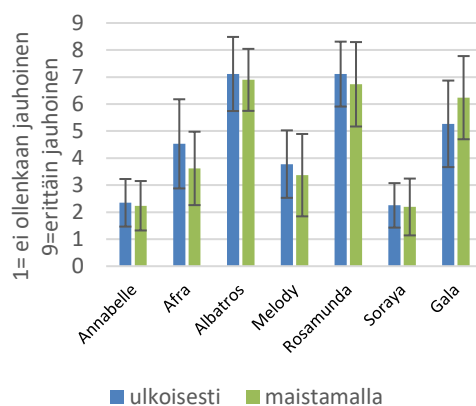
Kielen ja kitlaen välissä tunnustelemalla kaikki perunanäytteet arvioitiin pehmeämmäksi kuin arvioimalla ulkoisesti veitsellä leikkaamalla (Kuva 12). Ulkoisesti arvioimalla mittarina oli terävä vihannesveitsi, eli leikkausvastus havainnoitiin eri tavoin. Tilastollisesti kyseisen mittauksen molemmat arviot korreloivat merkittävästi keskenään, eikä näin ollen ollut kyse muusta kuin voimakkuuserosta. Keskihajonnat olivat suhteessa voimakkuuteen myös suuremmat kaikkien näytteiden osalta suussa arvioidun kovuuden suhteen.

## **Vetisyys ja kuivuus**

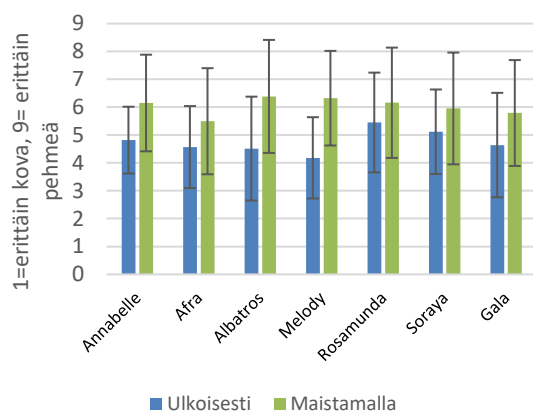
Vetisyyden ja kuivuuden mittaus aistinvaraisesti kahdella eri tavalla tuotti samankaltaiset tulokset. Arvioissa ei ollut juurikaan eroja, ja keskihajonnat olivat lähes yhtä suuria (Kuva 13). Kuivimmaksi arvioitiin jauhoiset lajikkeet, sekä etukäteen jauhoiseksi luokitellut, että tässä tutkimuksessa jauhoiseksi havaittu Gala.



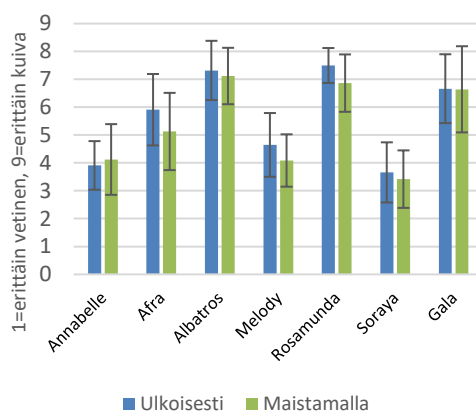
Kuva 10. Perunoiden keittohajoamisen keskimääräiset arvot ulkoisesti arviointuna. Taulukossa näkyvät myös otoskeskihajontojen virhepalkkien arvot +/- -arvoina. Lajikkeet vasemmalta oikealle: Annabelle, Afra, Albatros, Melody, Rosamunda, Soraya, Gala.



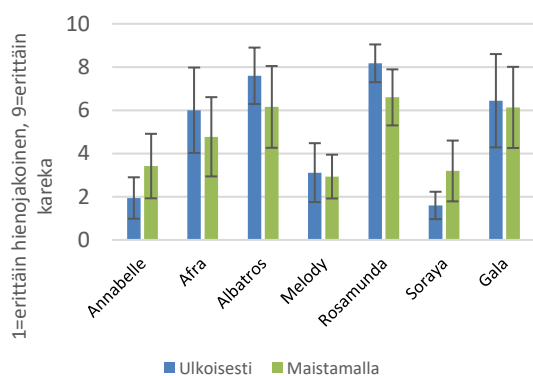
Kuva 11. Ulkoisesti ja suussa tunnustelemalla arvioidut jauhoisuuden keskimääräiset arvot sekä näiden otoskeskihajontojen virhepalkkien arvot.



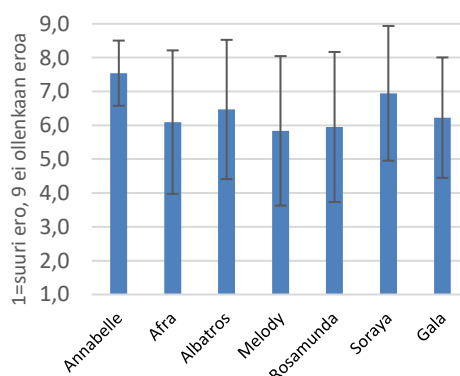
Kuva 12. Ulkoisesti ja suussa tunnustelemalla arvioidut pehmeuden ja kovuuden keskimääräiset arvot, sekä keskihajonnat.



Kuva 13. Ulkoisesti ja suussa tunnustelemalla arvioidut vetisyyden/kuivuuden keskimääräiset arvot sekä keskihajonnat.



Kuva 14. Ulkoisesti ja suussa tunnustelemalla arvioidut hienojakoisuuden/karkeuden keskimääräiset arvot sekä keskihajonnat.



Kuva 15. Suussa tunnustelemalla arvioitu perunan kuiva-aineen tasainen jakautuminen. Lajikkeet vasemmalta oikealle: Annabelle, Afra, Albatros, Melody, Rosamunda, Soraya, Gala.

## Hienojakoisuus/karkeus

Ulkoisesti arvioituna erityisesti jauhoisemmiksi etukäteen luokitellut lajikkeet arvioitiin karkeammiksi, kuin yleis- ja kiinteiksi luokitellut. Suutuntumalla karkeus koettiin miltei kaikkien näytteiden osalta lievemmäksi. Poikkeuksena tästä oli kiinteä Soraya, joka arvioitiin suutuntumalla karkeammaksi (Kuva 14).

## Perunan kuiva-aineen jakautumisen tasajakoisuus aistinvaraisesti arvioituna

Perunan rakenteen tasajakoisuuden yhteydessä korostuu se, että kiinteät lajikkeet Annabelle ja Soraya on havaittu tasajakoisimmiksi, niillä on matala jauhoisuusarvo ja vetisyys/kuivuusmittari on asettunut enemmän vetisen puolelle. Jauhoisilla lajikkeilla tasajakoisuusarvio on hieman alempi. Rakenteen tasajakoisuus -mittari ei aistinvaraisesti kuitenkaan tuonut selkeitä eroja perunalajikkeiden välille (Kuva 15).

### 3.3.2 Muut mittaustulokset

Taulukko 23. Kaikkien mittaustulosten korrelaatiot instrumentaalisten mittausten kanssa. Aistinvaraisten tulosten korrelaatiot on kuvattu taulukossa 21. Keittoh=keittohajoavuus, Jau=jauhoisuus, Kov=kovuus, Vet=vetisyys, Kark=karkeus, RakT=rakenteen tasaisuus, TärkkP=tärkkelyspitoisuus, U=ulkoisesti arvioitu, M=suutuntumalla arvioitu, TXT=rakennemittari, V=värimittari. N=7.

		Keittoh	Jau	Jau	Kov	Kov	Veti	Veti	Kark	Kark	RakT	Kov	Tärkk	Keitto	RakT
		U	M	U	M	U	M	U	M	M	TXT	P	h V	V	
KovuusTXT	Pears.C	,049	-,084	-,089	-,030	-,410	,037	,040	,072	,063	-,016	1	-,054	,270	-,148
	Sig.	,917	,858	,850	,950	,361	,937	,933	,878	,893	,973		,909	,558	,752
TärkkelysP	Pears.C	,807*	,845*	,889**	-,204	,129	,870*	,923**	,839*	,841*	-,342	-,054	1	,741	,778*
	Sig.	,028	,017	,007	,661	,783	,011	,003	,018	,018	,453	,909		,057	,040
Keittoh väri	Pears.C	,863*	,808*	,885**	,327	,094	,856*	,912**	,827*	,916**	-,311	,270	,741	1	,771*
	Sig.	,012	,028	,008	,474	,841	,014	,004	,022	,004	,497	,558	,057		,043
RakTasajVM	Pears.C	,790*	,821*	,916**	,038	,014	,854*	,854*	,819*	,838*	-,647	-,148	,778*	,771*	1
	Sig.	,034	,023	,004	,935	,977	,014	,014	,024	,018	,116	,752	,040	,043	
** Korrelaatio on merkitsevä 0.01 tasolla (2-suuntainen)							* Korrelaatio on merkitsevä 0.05 tasolla (2-suuntainen)								

\*\*. Korrelaatio on merkitsevä 0.01 tasolla (2-suuntainen).

\*. Korrelaatio on merkitsevä 0.05 tasolla (2-suuntainen).

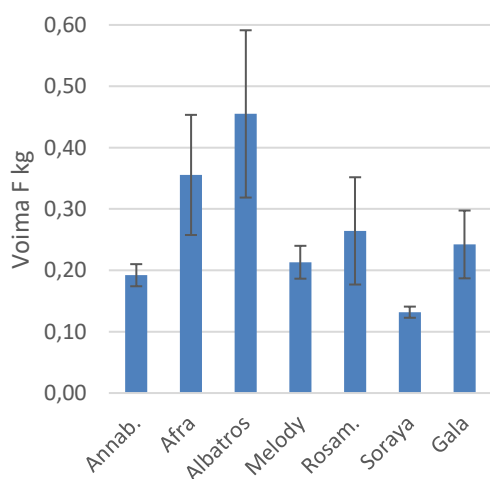
## Instrumentaalisten määritysten korrelaatiot aistinvaraisten määritysten kanssa

Instrumentaalisten mittauksien korrelaatioita aistinvaraisten arviointien kanssa tarkasteltiin erikseen (Taulukko 23). Vertailussa käytettiin tulosten keskiarvotietoja – tai tärkkelyspitoisuuden suhteen ainoaa käytettävissä olevaa arvoa. Arvoina käytettiin pääkomponenttianalyysia varten skaalattuja lukuja (Liite 5). Näin saatuja korrelaatioita

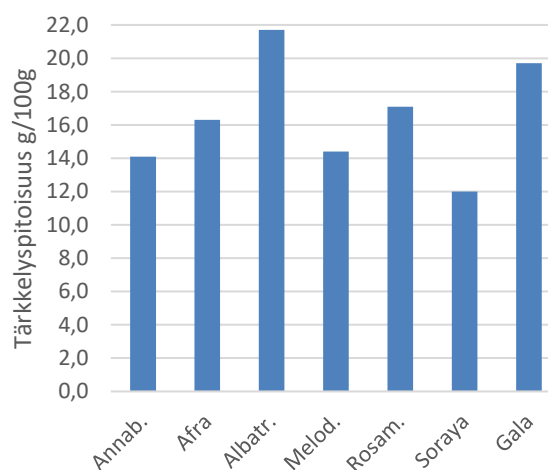


voidaan tarkastella kaikkien mittaustulosten kanssa, vaikka käytettävä data on keskenään hyvin erilaista. Tarkastelussa tärkkelyspitoisuus korreloi merkitsevästi suutuntumalla arvioitujen jauhoisuuden ja vetisyyden kanssa p-arvolla  $> 0,01$ , ja lisäksi suutuntumalla arvioidun karkeuden, ulkoisesti arvioidun keittohajoamisen, jauhoisuuden, karkeuden ja värimittarilla määritetyn rakenteen tasajakoisuuden kanssa p-arvolla  $> 0,05$ . Värimittarilla määritetyt keittohajoamisen  $L^*$ std arvot korreloivat merkitsevästi p-arvolla  $> 0,01$  suutuntumalla arvioitujen jauhoisuuden, vetisyyden ja karkeuden kanssa. Lisäksi keittohajoamisen arvo korreloi p-arvolla  $> 0,05$  ulkoisesti arvioitujen keittohajoamisen, jauhoisuuden, vetisyyden ja karkeuden kanssa. Rakenteen tasajakoisuus määritettynä värimittarilla korreloi merkitsevästi suutuntumalla arvioidun jauhoisuuden kanssa p-arvolla  $> 0,01$ , sekä p-arvolla  $> 0,05$  kaikkien muiden kanssa paitsi eri tavoin mitatun kovuuden sekä suutuntumalla arvioidun rakenteen tasajakoisuuden kanssa. Rakennemittarilla määritetty kovuus ei korreloinut yhdenkään mittarin kanssa.

Kovuuden määrittämisessä rakennemittarilla on huomioitava, että rakennemittari määrittää kovuuden sitä suuremmalla arvolla, mitä suurempi vastus. Aistinvaraisissa arvioinneissa ominaisuus arvioitiin toisin päin: Mitä suurempi luku, sitä vähemmän vastusta. Rakennemittarilla määritetyt suurimmat kovuusarvot tulivat jauhoisemmille lajikkeille, ja pehmeimmät olivat kiinteitä tai yleisperunoita (Kuva 16).



Kuva 16. Perunanäytteiden kovuus kypsennyksen jälkeen. Kovimmaksi lajikkeeksi osoittautui Albatros, ja pehmeimmäksi kiinteä Soraya.



Kuva 17. Tärkkelyspitoisuudet. Määrittäminen on tehty jokaiselle perunaerälle yhden kerran.

## Vedenalaispaino ja tärkkelyspitoisuus

Lajikkeiden vedenalaispainot määritettiin ennen keittoa. Kiinteällä Sorayalla on kaikkein alin tärkkelyspitoisuus, ja tärkkelyslajikkeeksi luokitellulla Albatros -lajikkeella korkein. Yllättäen korkeaan tärkkelyspitoisuuteen nousi yleisperunaksi luokiteltu Gala, jonka tärkkelyspitoisuus lähenteli 20 g/100g (Kuva 17).

## Värimittaukset: Keittohajoaminen

Värimittauksen soveltuvuutta keittohajoamisen mittaamiseen testattiin kuvaamalla koeperunoista värimittarilaitteistolla. Jokaisen lajikkeen kolmesta perunan puolikkaasta otettiin kuvat sekä ulkopinnasta että halkaisupinnasta, ja näiden  $L^*a^*b^*$  -arvoja sekä samojen lukujen keskihajontoja tarkasteltiin SPSS-tilasto-ohjelmalla yleistetyillä lineaarisilla malleilla, mallilla Linear/identtilinkki. Riippuvaksi muuttujaksi asetettiin yksi parametri kerrallaan, ja selittäviksi muuttujiksi lajikkeet sekä mittaukset sisä- ja ulkopinnasta. Jokaisen parametrin merkitsevyyttä suhteessa lajikkeeseen tarkasteltiin Parameter Estimates -taulukosta. Näistä selkeästi merkitsevät erot havaittiin  $L^*$ -arvon keskihajonnalla sekä  $b^*$ -arvolla (Taulukko 23).

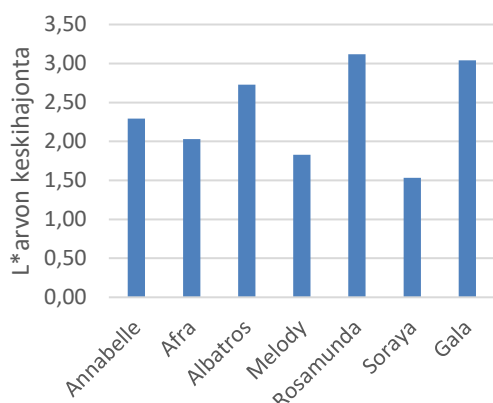
Taulukko 24. Parametrien estimaatit

Parameter	B	Std.virhe	95 % Wald luottamusväli		HypothesinTesti		
			Ala	Ylä	Wald Khiin neliö	df	Sig.
(Intercept)	1,876	0,1810	1,522	2,231	107,427	1	0,000
[Lajike=Afra ]	0,496	0,2395	0,027	0,966	4,291	1	0,038
[Lajike=Albatros ]	1,195	0,2395	0,726	1,665	24,905	1	0,000
[Lajike=Annabelle]	0,762	0,2395	0,292	1,231	10,118	1	0,001
[Lajike=Gala ]	1,509	0,2395	1,039	1,978	39,687	1	0,000
[Lajike=Melody ]	0,298	0,2395	-0,172	0,767	1,544	1	0,214
[Lajike=Rosamunda]	1,586	0,2395	1,117	2,056	43,882	1	0,000
[Lajike=Soraya ]	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.	.
[SisäUlko=S]	-0,688	0,1280	-0,939	-0,437	28,906	1	0,000
[SisäUlko=U]	0 <sup>a</sup>	.	.	.	.	.	.

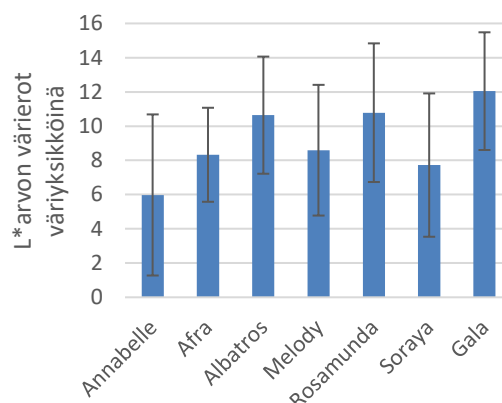
Liippuva muuttuja:  $L^*$  arvon keskihajonta  
 Model: (Intercept), Lajike, SisäUlko  
 a. Asetettu nolaksi.  
 b. Maksimitodennäköisyyden estimaatti.

Ennako-oletamus värimittauksien käytettävyydelle oli, että vaaleutta ja tummuutta mittaava  $L$ -arvo mittaa perunan rikkonaisia pintoja parhaiten, ottaen huomioon sekä vaaleat rosoiset pinnat että halkeamat.  $L$ -arvojen keskihajonnat kertovat perunoiden välillä tapahtuvasta rikkonaisuuden vaihtelun suuruudesta. Nämä olivat tilastollisesti merkitseviä kaikilla muilla lajikkeilla paitsi Melodyllä. Värimittauksella tehdyissä keittohajoamisen

tuloksissa suurimmat arvot saivat tärkkelysperuna Albatros ja jauhoiset Rosamunda ja Gala (Kuva 18).



Kuva 18: L\* arvojen keskihajonnat kuvaamassa keittohajoamisen voimakkuutta.



Kuva 19. Tärkkelyksen jakautumisen erot L\* arvon väriyksikköinä johtojännekehän ulkopuolisen ja mallon keskiosan välillä.

B\*-arvon merkitsevyys tarkoittaa keltaisen perunan sävyjen vaihtelua kohti sinisiä sävyjä. Kyseinen arvo ei kuitenkaan ole looginen perunan hajoavuuden tai jauhoisuuden mitta, sen sijaan keittotummuudelle tämä voi toimia hyvin.

### Värimittaukset: Tärkkelyksen jakautuminen

Värimittausta varten halkaistut perunanäytteet oli värjätty jodihöyryssä. Näin perunan halkaisupinnassa erottuivat sinivioletin sävyt sitä voimakkaammin, mitä enemmän tärkkelystä kyseisellä perunan alueella oli. Pinnat kuvattiin, ja niistä valittiin erikseen johtojännekehän ulkopuolinen alue ja mallon keskiosa. Kyseisiltä alueilta otettiin väriarvojen keskiarvot (Kuva 19).

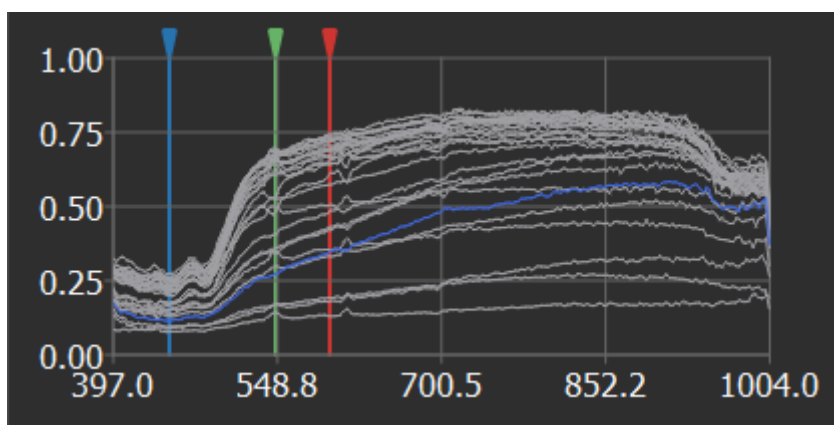
Tärkkelyksen sijoittumisen määrittämisen mittariksi on  $L^*a^*b^*$  -väriavaruudesta valittu L, joka mittaa vaaleuden ja tummuuden eroja. Tuloksissa verrataan johtojännekehän (reuna) ja keskiosan tummuuseroja, ja perunan mallon (keskialueen) väriarvo on vähennetty johtojännealueen väriarvosta. Keskihajonta –virhepalkki kuvaa värierojen hajonnan suuruutta. Suuri värihajonta tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tärkkelys painottuu johtojännekehässä itupäähän, tai keskiosassa tärkkelys sijoittuu mallon reuna-alueille. Keskellä sijaitsevassa ytimessä on usein kaikkein vähiten tärkkelystä.

Tulosten perusteella suurimmat tärkkelyksen jakauman erot on tärkkelyspitoisilla lajikkeilla, kun vähemmän tärkkelystä sisältävillä Annabelle ja Soraya -lajikkeilla jakauma on

tasaisempi. Suurehkojen keskihajontojen vuoksi voidaan olettaa, että tärkkelys on kaikilla lajikkeilla ja etenkin Annabellella ja Sorayalla painottunut itupäähän.

### Tärkkelyksen jakautuminen hyperspektrisen kuvantamisen perusteella

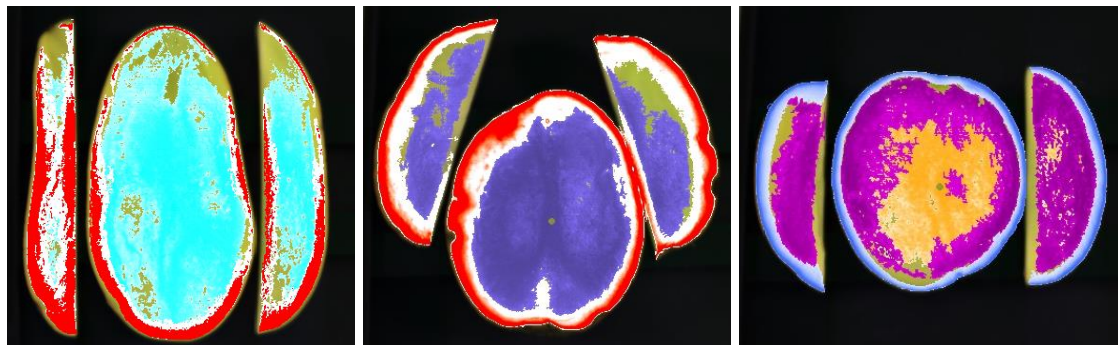
Hyperspektrisellä kuvantamisella ei saatu aikaan mittaustuloksia tärkkelyksen jakautumisesta. Testiperunaleikkeitä kuvattiin Specim IQ-kameralla, ja kuvat analysoitiin valitsemalla kuvasta pikseli halutulta testialueelta (reuna/keskiosa). Analyysissä pyrittiin havaitsemaan eroja johtojännekehän ulkopuolisella alueella verrattuna mallon keskiosaan. Johtojännekehän ulkopuolella valitun pikselin spektri pyrittiin asettamaan sikeästi yli 0,75 rajan yläpuolelle, ja mallon keskiosasta valitun pikselin spektri selkeästi tämän alle (kuva 20). Tämän jälkeen haettiin tälle pikselille heijastuskulma, jonka avulla saatiin erottumaan tätä pikseliä lähellä olevat samankaltaiset pikselit. Nämä valitut pikselit värjäytyvät SAM -maskilla. Spectral Angle Mapper -luokitus (SAM) on ei-automatisoitu luokitusmenetelmä, jolla vertaillaan suoraan kuvan spektrejä (testispektrit) aikaisemmin tunnettuun spektriin (referenssispektri). SAM algoritmi käsittelee sekä näytteen testispektrit että referenssispektrin vektoreina ja laskee niiden välisen heijastuskulman. SAM-luokituksen tulos on kuva, joka näyttää parhaan vastaavuuden testispektrien ja referenssispektrien välillä kussakin pikselissä.



Kuva 20. Valitun pikselin spektri (sinisellä), ja sen ympärillä olevien pikselien spektrit, kun heijastuskulma on 0,9750. Valitun pikselin spektri asettuu noin 0,50 tuntumaan, joka oli kokeilussa mallon keskiosan tavoitespektri. Heijastuskulmaa on lisätty niin paljon, että tavoitealueen pikselit tulisivat valituksi.

Hyperspektrisen kuvantamisen testien perusteella todettiin, että kuvien hyödyntäminen tärkkelyksen jakauman analysoinnissa vaatii paljon pohjatyötä. Perunoille on mahdollista saada oletetun tärkkelyksen jakauman pohjalta erilaisia jakaumakuvia, perustuen siihen tietoon, että tärkkelys painottuu perunan johtojännekehän ja korkkikerroksen alueelle, ja

keskiosassa tärkkelystä on vähemmän. Kuvassa 21 on esimerkkejä hyperspektrisen kuvantamisen jakaumakuvista eri lajikkeilla. Kuvat eivät kuitenkaan sinällään anna mitään absoluuttista vastausta tärkkelyksen jakautumisesta, ennen kuin heijastuskulmien ja spektrin muodostamaan algoritmiin on yhdistetty tieto vertailumäärittämisestä muulla tavoin.

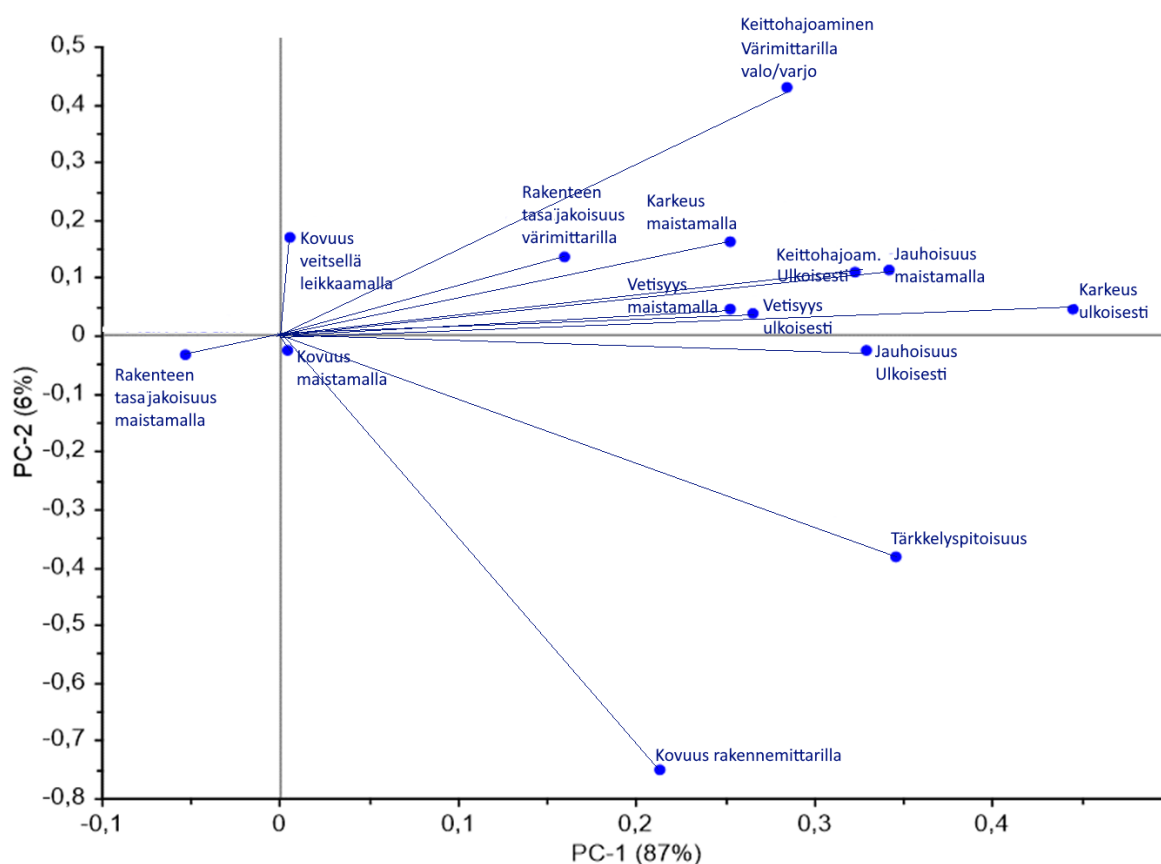


Kuva 21: Kiinteä Annabelle, tärkkelysperuna Albatros ja jauhoinen/yleisperuna Afra koostettuna hyperspektristä kuvista. Kuvien värit ovat sattumanvaraisia Specim IQ Studio -sovelluksen maskivärejä.

### 3.3.3 Kaikkien mittareiden vertailu

Kaikki mittarit, joista oli mittaustulokset kaikille perunalaaduille skaalattiin aistinvaraisen arvioinnin pisteytyksen mukaiseen asteikkoon 1-9, minkä jälkeen tuloksia visualisoitiin PCA-kuvan avulla (Kuva 22).

Pääkomponenttien 1 ja 2 kokonaisselitysaste on 93 % (Kuva 22). Ensimmäinen pääkomponentti selittää 87 % datan vaihtelusta ja 2. pääkomponentti 6 %. Suuri osa ominaisuuksista sijoittuu pystyakselin oikealle puolelle, ja näistä vielä suurempi osa oikeaan yläneljännekseen ilmaisten pääkomponenttia 1. Nämä ominaisuudet sijoittuvat kohtuullisen lähelle toisiaan, mikä viittaa rinnakkaisiin keskenään korreloiviin ominaisuuksiin. Lähellä toisiaan ovat erityisesti molemmiin tavoin arvioidut vetisyys ja jauhoisuus sekä keittohajoaminen ulkoisesti arvioituna ja suutuntumalla havainnoitu karkeus. Läheisyys ei kuitenkaan kerro kaikkea: Kun huomioidaan etäisyys origosta, etäisyys ilmaisee ennen kaikkea kuinka hyvin mittari erottelee näytteitä, mutta samaa vektorilinjaa pitkin kulkevat ominaisuudet, vaikkakin eri etäisyyksillä origosta, korreloivat keskenään voimakkaasti. Näin ollen ulkoisesti arvioitu karkeus korreloi vetisyys -arvioiden kanssa, ja jauhoisuus suutuntumalla ja keittohajoaminen ulkoisesti arvioituna korreloivat keskenään.



Kuva 22. Mittareiden pääkomponenttianalyysi. Kuvaan on jälkikäteen lisätty origoon johtavat vektorit havainnollistamaan etäisyyttä origosta, sekä korrelaatioita.

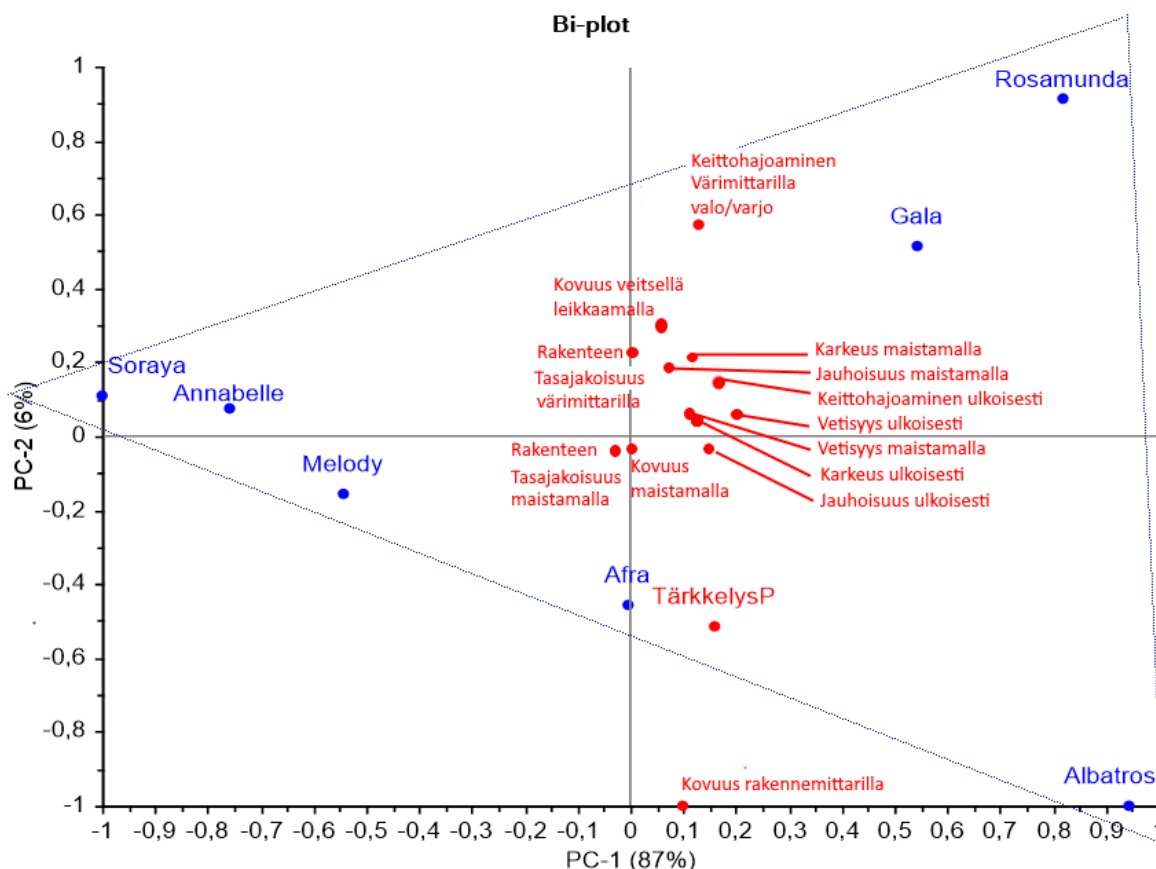
Lähimpänä origoa sijaitsee kovuus suutuntumalla, jonka arviot erottelivat lajikkeita kaikkein vähiten toisistaan. Heikosti suuremmat erot saatiin aikaan kovuudelle veitsellä leikkaamalla, mutta kaikkein selkeimmät erot kovuudessa havaittiin rakennemittarilla, eli rakennemittari erotteli näytteet kaikkein selkeimmin, mikä voidaan havaita myös pitkän etäisyyden perusteella. Koska kovuus veitsellä leikkaamalla on sijoittunut  $90^\circ$  kulmaan kovuus rakennemittarilla kanssa, nämä korreloivat negatiivisesti keskenään, mikä on myös totta: Rakennemittarin arvot kasvoivat kovuuden myötä, kun aistinvaraisissa arvot suurenivat kohti pienintä leikkausvastusta. Hieman erillään on täkkelyspitoisuus, jonka tuottama tieto sekä erotteli näytteitä selkeästi, että tarjosi itsenäistä tietoa, joka ei korreloinut kaikilta osin muiden keskenään korreloivien ominaisuuksien kanssa. Korkea täkkelyspitoisuus ei välttämättä tarkoita sitä, että lajike kiehuu rikki tai on pehmeä. Albatros osoittautui pehmeäksi, ja Rosamunda reilusti kovemmaksi keiton jälkeen, silti Albatros ei hajonnut yhtä voimakkaasti kuin Rosamunda.

Kuviossa rakenteen tasajakoisuus suutuntumalla on lähes suoraan vastakkaisella puolella värimittarilla määritetyn rakenteen tasajakoisuuden kanssa. Tämä tarkoittaa, että ominaisuudet korreloivat keskenään negatiivisesti. Suutuntumalla arvioitiin eron suuruutta

reunan ja keskiosan välillä, ja värimittarilla saatu arvo oli tummuusarvojen erotus jodivärjättyjen reunan ja keskiosan välillä. Koska rakenteen tasajakaisuus suutuntumalla sijoittui lähemmäs origoa, tämä menetelmä erotteli lajikkeita vähemmän, kuin värimittarilla havaitut erot.

Värimittauksella määritetty keittohajoaminen sijoittuu muista erilleen, ja tuottaa näin ollen muista poikkeavaa tietoa. Se myös erottelee näytelajikkeita hyvin, koska ominaisuus sijoittuu on melko etäälle origosta. Ulkoisesti arvioitu keittohajoaminen on samalla etäisyydellä, mutta sen vektori on lähellä jauhoista, eli korreloi jauhoisuuden kanssa. Etäällä on myös karkeus arvioituna ulkoisesti, mikä on selvästi erottanut lajikkeet toisistaan paremmin kuin suutuntumalla. Ulkoisesti arvioitu karkeus korreloi molempien vetisyyden arvioiden kanssa, ja näiden vektorit kulkevat miltei samaa linjaa. Samaa linjaa kulkevat myös ulkoisesti arvioitu keittohajoaminen ja jauhoisuus suutuntumalla.

Pääkomponenttimallin Bi-plot -kaaviossa on yhdistetty ominaisuudet ja lajikkeet (kuva 23). Lajikkeet muodostavat kolmion, jonka vasemmassa nurkassa ovat kiinteät lajikkeet Soraya ja Annabelle, ylhäälle oikealle sijoittuvat jauhoiset ruokaperunat Gala ja Rosamunda ja alhaalle oikealle tärkkelysperuna Albatros. Hieman kiinteistä alaspäin sijoittuu yleisperuna Melody, ja alhaalle kiinteiden ja tärkkelysperunan välille sijoittuu alun perin jauhoiseksi luokiteltu lajike Afra. Mitä lähemmäksi lajikkeet sijoittuvat toisiinsa nähden, sitä samankaltaisempia ne ovat, ja mitä kauempana ne toisistaan ovat, sitä erilaisempia ne ominaisuuksiltaan ovat. Lajikkeiden valinnassa pyrittiin nimenomaan löytämään toisistaan poikkeavia lajikkeita, ja lajikkeet todella osoittautuivat keskenään erilaisiksi. Jauhoiseksi luokiteltu Afra ei tässä testissä lopulta ollut kovin jauhoinen laatu, ja sitä voisi arvioida tulosten ja tämän kuvion perusteella yleisperunaksi. Alun perin yleisperunaksi luokiteltu Gala puolestaan osoittautui jauhoiseksi.



Kuva 23. Pääkomponenttimallin Bi-plot -kaavio, jossa yhdistettynä perunalajikkeet ja mitatut ominaisuudet. Kolmiolla rajattu alue on piirretty jälkikäteen havainnollistamaan eri lajikkeiden sijoittumista alueelle.

Jauhoisten ja tärkkelyspitoisten perunoiden erilaiset vivahteet leventävät kolmion jauhoista päätä. Tähän tulokseen vaikuttivat erityisesti insrtumentaaliset mittarit, jotka tuottivat suurempia mittauseroja kuin aistinvarainen arviointi: Rosamundalla ja Albatrosilla on useita samankaltaisia jauhoisuuteen liittyviä ominaisuuksia, mutta Rosamundan tärkkelyspitoisuus on selvästi pienempi kuin Albatros-lajikkeella, se on rakennemittarilla mitattuna rakenteeltaan kovempi ja sen keittohajoaminen on värimittarilla mitattuna suurempaa kuin Albatrosilla. Ominaisuuksista suurin osa sijoittuu jauhoisten ruokaperunoiden neljännekseen pääkomponentti 1 puolelle.

### 3.3.4 Eri mittarikokoonpanojen tuottamia keittotyyppituloksia

Tutkielman tavoitteena oli selvittää, saadaanko eri mittareilla ja eri menettelytavoilla tulokseksi samanlaisia vai erilaisia keittotyyppiejä. Kaikkien eri maiden mittarikokoonpanojen tulkintaa ei ole mahdollista esittää, sillä vaikka mittarit olisivat tiedossa, laskentatavoista ei ole täyttä varmuutta. Tähän kappaleeseen on koostettu muutamia ratkaisutapoja, joista on saatu kokonaisuudessaan riittävästi tietoa, kuten



kappaleessa 2.4.3 on kuvattu. Laskettujen keittotyyppitulosten esimerkkeihin on otettu mukaan yksittäisten eri maissa tai organisaatioissa käytettävien määrittystapojen lisäksi vertailu keittotyyppituloksesta, kun arvioinnit ovat tehty suutuntumalla ja ulkoisesti arvioimalla, sekä instrumentaalinen versio keittotyypin määrittämisestä. Tuloksiin on kuitenkin voitu huomioida vain sellaiset mittarikokoonpanot, joille on tiedossa laskentatapa, tai jotka noudattavat jauhoinen -kiinteä -akselia.

### **Belgian tulkintatapa**

Belgialaisessa tulkinnassa keittotyyppi lasketaan valittujen mittareiden keskiarvona. Käytetyt mittarit ovat visuaalisesti arvioidut keittohajoaminen, jauhoisuus, karkeus ja vetisyys, sekä leikkaamalla tai pistämällä arvioitu koostumus. Tulosten tulkinnassa käytetään A,B,C,D -luokitusta, joka on esitetty taulukossa 12. Raadin tuloksista valittiin nämä mittarit, laskettiin keskiarvot, ja testilajikkeille saatiin tulokset, joiden mukaan yksikään lajike ei olisi puhdas A eli kiinteä peruna. Tuloksissa vaikuttaa mitä ilmeisimmin koostumus -mittari, joka tässä tutkimuksessa oli määritetty määrittämällä perunan kovuutta ja pehmeyttä.

Taulukko 25. Keittotyypin tulokset laskettuna Belgialaiseen tapaan

Lajike	Pisteytyksen keskiarvo	Keittotyyppi
Annabelle	3,16	B
Afra	5,16	CB
Albatros	6,63	C
Melody	3,83	B
Rosamunda	7,14	CD
Soraya	2,96	BA
Gala	5,68	CB

### **Keittohajoaminen yksinomaisena mittarina Ranskassa**

Ranskassa keittotyyppi määritetään pelkästään keittohajoamisen perusteella, ja muita mittareita käytetään vain täydentävänä tietona. Keittotyypin laskentaan otettiin mukaan kaikki yksittäiset arviointitulokset, joita jokaisella lajikkeella oli 20. Näin voitiin käyttää kaavaa 1 (s. 37). Kaavassa jokainen tehty arvio luokitellaan keittotyypin luokkiin 0-3. Taulukossa 25 on jaoteltu yksittäiset arviot luokkiin (eri väriset solut), ja laskettu keittotyypin tulokset, jotka on tulkittu sivulla 39 olevan taulukon mukaisesti. Luokkien arvovälit ovat taulukon oikealla puolella. Tämän keittotyyppi-arvion lisäksi Ranskassa

tarkastellaan rakenteen tasajakaisuutta, jauhoisuutta ja koostumusta, jotka antavat lisätietoa lajikkeen käyttäytymisestä tiettyyn käyttötarkoitukseen.

Taulukko 26. Keittohajoamisen yksittäisten arvioiden perusteella lasketut keittotyypit.

Lajike	Laskenta kaavan 1 mukaan 0=0-2,25; 1=2,25-4,5; 2=4,5-6,75; 3=6,75-9	Tulos	Luokka	Suomalainen luokka
Annabelle	$ID=((11*0)+(8*1)+(3*2)+(0*3))/22$	0,64	AB	Kiinteä/yleis
Afra	$ID=((3*0)+(6*1)+(9*2)+(4*3))/22$	1,64	CB	Jauhoinen/yleis
Albatros	$ID=((1*0)+(0*1)+(6*2)+(15*3))/22$	2,95	D	Erittäin jauhoinen
Melody	$ID=((5*0)+(11*1)+(6*2)+(0*3))/22$	1,05	B	Yleis
Rosamunda	$ID=((0*0)+(0*1)+(2*2)+(20*3))/22$	2,64	D	Erittäin jauhoinen
Soraya	$ID=((15*0)+(6*1)+(1*2)+(0*3))/22$	0,36	A	Kiinteä
Gala	$ID=((1*0)+(6*1)+(9*2)+(6*3))/22$	1,91	C	Jauhoinen

### Suomalainen tulkinta

Tavanomainen suomalainen tulkinta keittotyyppin laskemisesta on MTT:n menetelmä, jossa perunat pisteytetään keittohajoamisen ja jauhoisuuden suhteen. Tulos lasketaan keskiarvona (Taulukko 26). Tulokinnassa alle 2,5 pisteet saanut perunaerä on liian vetinen, ja yli 7,7 pistettä saanut perunaerä liian jauhoinen, eivätkä ne sovellu ruokaperunaksi. Tämän tulokinnon mukaan esimerkiksi Soraya olisi liian vetinen lajike ruokaperunaksi.

Taulukko 27. Keittotyyppitulokset MTT:n menetelmällä laskettuna jauhoisuuden ja keittohajoamisen arvojen keskiarvon perusteella

	Keskiarvo: jauhoisuus ja vetisyys	Suomalainen luokittelu	Eurooppalainen luokittelu
Annabelle	2,55	Vihreä	A
Afra	4,67	Keltainen	B
Albatros	6,87	Punainen	C
Melody	3,60	Keltainen	B
Rosamunda	7,29	Punainen	C
Soraya	2,22	Vihreä	A
Gala	5,32	Punainen	C

### Saksalainen neljän mittarin tulkinta

Saksassa keittotyyppiluokittelu tehdään neljälle mittarille, joiden pohjalta eniten tietyn tyyppin luokkaan asettuvat luokittelut huomioidaan kokonaistulokseen. Tämä luokittelutapa antaa lisää informaatiota, jos jokin ominaisuus painottuu hieman eri suuntaan pääasiallisesta tyyppiluokittelusta huolimatta. Saksalainen arviointitapa on kuvattu sivulla 38, taulukoissa 15 ja 16. Taulukossa 27 esitetyissä tuloksissa on selkeä linja, vaikka kaikkein vahvimmin jauhoiseksi osoittautuu Rosamunda, eikä Albatros, joka on tärkkelysperunalajike.

Taulukko 28. Saksalaisen mallin mukaan tulkitut keittotyyppit.

	Annabelle		Afra		Albatros		Melody		Rosamunda		Soraya		Gala	
	Pisteet	Luokka	Pisteet	Luokka	Pisteet	Luokka	Pisteet	Luokka	Pisteet	Luokka	Pisteet	Luokka	Pisteet	Luokka
Keittoh.	6,2	A	4,2	C	2,4	C	5,6	B	1,5	D	6,6	A	3,6	C
Karkeus.	1,9	A	6,0	C	7,6	D	3,1	AB	8,2	D	1,6	A	6,4	C
Jauhois.	2,3	A	4,5	B	7,1	CD	3,8	B	7,1	D	2,3	A	5,3	C
Vetisyys	5,1	A	3,1	C	1,7	CD	4,4	B	1,5	D	5,3	A	2,3	C
<b>Tulos:</b>	<b>A</b>		<b>C</b>		<b>D</b>		<b>B</b>		<b>D</b>		<b>A</b>		<b>C</b>	

### Instrumentaalisten mittarien tuottama keittotyyppitulos

Taulukko 29. Kokeelliset keittotyyppitulokset instrumentaalisista määrittämisestä. Määrittämisessä on käytetty keskiarvoa keittohajoamisen ja tärkkelyspitoisuuden arvoista.

	Keittohaj. Värimittari	Tärkkelys- pitoisuus	Keskiarvo: Keittohajoavuus ja tärkkelyspit.	Keittotyyppi
Annabelle	4,2	3,8	4,0	B
Afra	3,8	5,2	4,5	BC
Albatros	5,5	9,0	7,2	CD
Melody	3,2	3,9	3,6	B
Rosamunda	7	5,8	6,4	C
Soraya	2,5	2,4	2,5	BA
Gala	6,5	7,4	7,0	CD

Mittalaitteilla ja kuvantamismenetelmillä saatuja keittotyyppituloksia varten erilaiset mittaustulokset skaalattiin asteikolle 1-9, jotta tulokset olisivat verrattavissa aistinvaraisten mittareiden kanssa. Tähän kokeiluun on käytettävissä instrumentaalisista mittauksista tulokset värimittarin avulla määritetyistä keittohajoamisen arvosta, rakennemittarilta saadusta kovuuden arvosta ja vedenalaispainon avulla määritetystä tärkkelyspitoisuudesta. Koska kovuuden arvot eivät korreloi jauhoisuus -akselin kanssa, ne eivät kuitenkaan sovellu sinällään laskettavaksi keskiarvoon, minkä vuoksi kovuutta ei tässä huomioida (Taulukko 28).

### Keittotyyppien tulkinnat suutuntumalla ja ulkoisesti arvioimalla

Viimeisenä vertaillaan valikoidut mittaristot suutuntumalla ja ulkoisesti arvioimalla. Näistä mukaan otetaan keittohajoamisen lisäksi jauhoisuus, vetisyys ja karkeus, joiden voidaan katsoa olevan samalla akselilla EAPR:n luoman jauhoisuuden ja kiinteyden akselin suhteen. Tulokset laskettiin keskiarvojen perusteella, ja tulkinnassa käytettiin keskiarvopohjaista tulostaulukkoa, joka löytyy taulukosta 11 (Taulukko 29).

Taulukko 30. Keittotyytit, kun käytetään joko ulkoista arviointia tai suutuntumaa. Laskennassa käytetyt mittarit olivat keittohajoaminen, jauhoisuus, vetisyys ja karkeus.

	Suutun- tumalla	Keittotyyppi	Ulkoisesti arvioimalla	Keittotyyppi
Annabelle	3,14	B	2,74	BA
Afra	4,58	BC	5,31	CB
Albatros	6,70	C	7,16	CD
Melody	3,45	B	3,74	B
Rosamunda	6,91	C	7,56	CD
Soraya	2,75	BA	2,43	BA
Gala	6,09	C	5,93	CB

### **Yhteenveto eri mittarikokoonpanoilla ja laskentamenetelmillä määritetyistä keittotyyteistä**

Eri mittarikokoonpanojen tuloksissa havaitaan jonkin verran vaihtelua, mutta eri määrittystavoilla on mahdollista saada uskottavia keittotyytin tuloksia (Taulukko 30). Vaihtelun jyrkkyyttä keventää useissa Euroopan maissa käytössä olevat keittotyyppien kahdella tyyppiluokalla ilmaistut välimuodot, joiden avulla saadaan lisää tietoa tutkitun erän painottumisesta keittotyyppiin. Lasketut keittotyytit ovat eri tavoilla laskettuna melko lähellä toisiaan, vaikka keittotyytit voivat vaihdella kahden luokan välillä. Vertailuun mukaan otetut suutuntumalla ja ulkoisesti arvioidut pysyvät nekin kohtuudella samoissa luokissa. Sen sijaan instrumentaalisen määrittelyn tuloksissa on hieman enemmän vaihtelua, esimerkiksi Gala luokitellaan CD-luokkaan. Instrumentaarisilla määrittelyksillä saadaan kuitenkin samansuuntaisia tuloksia kuin aistinvaraisesti arvioimalla.

Taulukko 31. Yhteenveto testilajikkeille määritetyistä erilaisista keittotyyteistä eri mittarikokoonpanoilla ja laskentamenetelmillä. A=kiinteä, AB=kiinteä yleis, BA=yleis kiinteä, B=yleislajike, BC=yleis jauhoinen, CB=jauhoinen yleis, C=jauhoinen, CD=jauhoinen-erittäin jauhoinen, DC=erittäin jauhoinen -jauhoinen, D=erittäin jauhoinen

	Suomi	Belgia	Ranska	Saksa	Maist.	Ulk.	Instrum.
Annabelle	A	B	AB	A	B	BA	B
Afra	B	CB	CB	C	BC	CB	BC
Albatros	C	C	D	D	C	CD	CD
Melody	B	B	B	B	B	B	B
Rosamunda	C	CD	D	D	C	CD	CD
Soraya	A	BA	AB	A	BA	BA	BA
Gala	C	CB	C	C	C	CB	CD

### 3.4 Pohdinta

EAPR:n luoman luokittelujärjestelmän mukaan keittotyypit (Kiinteä A, Yleisperuna B, Jauhoinen C ja erittäin jauhoinen D) voidaan määrittää useiden erilaisten kuvailevien ominaisuuksien avulla. Keskeisiä aistinvaraisesti määritettäviä ominaisuuksia ovat keittohajoaminen, jauhoisuus, vetisyys, kovuus, karkeus, ja koostumus. Lisäksi voidaan instrumentaalisesti määrittää ainakin tärkkelyspitoisuutta, tärkkelyksen jakaumaa ja keittohajoamista.

Tässä tutkielmassa keskityttiin erityisesti mittaristojen tuottamiin eroavaisuuksiin keittotyyppien määrittämisessä. Kirjallisuusselvityksessä ei tullut esille vastaavaa erilaisten mittaristojen analyysiä, johon tämä tutkimus olisi voinut tukeutua. Sen sijaan yksittäisten keittotyyppien määrittämiseen liittyvien mittareiden käytön tarpeellisuutta on pohdittu kirjallisuudessa runsaasti, sekä sitä, mitkä mittarit yhdessä riittäisivät määrittämään keittotyyppien (Ochsenbein 2009, 2008; Martens ja Thybo 2000; Thybo ja Martens 1999; Van Marle ym. 1997a). Tässä tutkielmassa havaittiin erilaisia mittarikokoonpanoja, yksittäisten mittareiden tulkinnan eroja, määrittämisen menettelytapajeroja ja eroja laskentatavoissa. Tutkielmassa selvitettiin näiden eroavaisuuksien merkitystä keittotyyppien kannalta.

#### 3.4.1 Suutuntumalla ja ulkoisesti arvioitujen ominaisuuksien vertailut

Tutkimusosion aistinvaraisissa arvioinneissa käytettiin arviointia sekä ulkoisten ominaisuuksien perusteella että suutuntumalla tehtyjä arviointeja, joiden käytön eri versioita havaittiin esiselvityksen yhteydessä. Keittotyyppien mittareiden vertailun referenssiksi ei löytynyt vastaavaa tutkimusta, jossa olisi verrattu suutuntumalla saatuja tuloksia visuaalisesti arvioituihin. Ulkoisesti arviointi on yleisempi tapa, ja suutuntumalla arviointi on useimmiten sitä täydentävä. Suutuntuma on kuitenkin erittäin tärkeä ja monipuolinen ruoan laadun mittari. (Ross ja Hoyer 2012) Verrattaessa ulkoisesti ja suutuntumalla arvioitujen ominaisuuksien aistinvaraisten määritysten keskinäistä vastaavuutta, arviot mukailivat toisiaan melko uskollisesti, mutta arvioiden voimakkuuksissa oli eroja. Tätä tuki myös pääkomponenttianalyysi, jossa nämä kaksi mittautyyppiä kulkivat lähellä toisiaan. Tämä voi myös johtua siitä, että suussa arvioiminen toteutettiin aina ulkoisen arvioinnin jälkeen, vaikkakin erillisesti, ja kyseinen tilanne aiheutti näin systemaattista virhettä (Mustonen ym. 2016). Jotta kyseisiä asioita pystyttäisiin vertaamaan neutraalisti,

mittausasetelma tulisi järjestää siten, että vuorovaikutusta ulkoisen arvioinnin kanssa ei olisi. Kun ulkoisesti ja suutuntumalla arvioiduista ominaisuuksista koottiin kummastakin oma mittaristo keittohajoamisen kanssa, keittotyyppituloksissa havaittiin lieviä painotuseroja, mutta nämä eivät systemaattisesti painottuneet tietyllä tavalla. Selvästi poikkeava aistinvarainen ominaisuus oli suutuntumalla arvioitu kovuus (katso kappale 3.4.2)

Verrattaessa ulkoisesti ja suutuntumalla määritetyillä mittarikokoonpanoilla laskettuja keittotyyppejä, täysin sama keittotyyppi tuli tällä tavoin kahdelle seitsemästä. Toisaalta, keittotyyppien erot pysyttelivät keittotyypin seuraavan tai edellisen välimuodon piirissä, esimerkiksi C - BC, eli eroavaisuudet aistinvaraisten arviointien tavassa aiheuttivat lähinnä painotuseroja. On tärkeää muistaa, että tutkimuksessa käytetty koeasetelma aiheutti systemaattisen virheen, koska ulkoinen ja suutuntumalla arviointi toteutettiin saman arviointisession aikana.

### **3.4.2 Kovuuden, koostumuksen ja kiinteyden määrittäminen**

Kovuus on kiinteyteen verrattuna melko helposti hahmotettava ominaisuus, mutta kypsän perunan rakenteen pehmeiden eri vivahteet tuottavat haasteita. Ochsenbein ym. (2009) on artikkelissaan todennut, että perunan rakenteen kovuus on aistinvaraisesti haastava arvioida. Myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että aistinvaraisesti arvioidut kovuusarvot erottelivat lajikkeita heikommin kuin rakennemittarilla määritetty kovuus. Aistinvaraiset kovuusarviot olivat selvästi varovaisempia kuin mitatut. Rakennemittarilla määritetty kovuus sijoittui pääkomponenttimallissa vastakkaiselle puolelle verrattuna ulkoiseen arviointiin eli nämä korreloivat negatiivisesti keskenään, mikä johtuu siitä että aistinvaraisesti arvioituna kovuusarvo kasvoi mitä vähemmän leikkausvastusta havaittiin kun rakennemittarilla tilanne oli päinvastoin.

Suutuntumalla arvioitu kovuus osoittautui selkeästi poikkeavaksi ulkoiseen arviointiin verrattuna. Näytteet arvioitiin odotetusti pehmeämmäksi suussa arvioituna. Raatilaiset kommentoivat, että ulkoisesti kovaksi arvioitu näyte saattoi sulaa suussa, ja näyte arvioitiin pehmeämmäksi kuin miltä se veitsellä leikattaessa oli vaikuttanut. Tämä on luonnollista, koska perunan tekstuurin aistiminen suutuntumalla sisältää sen samanaikaisen mekaanisten ominaisuuksien muuttumisen suussa (Ross ja Hoyer 2012). Syljen pehmentävää vaikutus havaitaan, kun hauras, mutta kiinteä keitetty perunan pala sekoittuu syljen kanssa, ja syljen amylaasi edistää tärkkelyksen sulamista ruoassa (van Aken ym. 2007). Kovuuden ja

pehmeiden arviointi suutuntumalla on haastavaa toteuttaa, koska näyte muuttuu syljen, lämmön ja pureskelun vaikutuksesta uuteen muotoon, ja koska syljen erittyminen on yksilöllistä (Carpenter 2012).

Koostumus, (consistency) joka on mittarina monessa eri maassa, ei ole yksiselitteinen, minkä vuoksi sitä tulkitaan sekä kovuus-pehmeys että kiinteys-löysyys -asteikoilla ja näiden yhdistelmillä. Kiinteä perunan rakenne johtuu perunan solujen välisestä koheesiosta, kun solujen välilamellien pektiinit pitävät solut kiinni toisistaan (Jarvis ja Duncan 1992). Kiinteys erikseen mitattavana ominaisuutena voisi erotella lajikkeet, joilla on samankaltaiset jauhoisuusominaisuudet, mutta erilaiset kiinteysominaisuudet (Van Marle 1997). Solukkojen polysakkaridien, kuten pektiinin, hemiselluloosan, selluloosan ja ligniinin kestävyys keittoprosessissa vaikuttaa perunan rakenteen koossapysyvyyteen (Ralet ym. 2016). Ligniini vaikuttaa koossapitävänä ainesosassa kaikissa fysiologisesti kypsissä perunoissa. Selluloosa ja ligniini pysyvät solurakenteissa keiton jälkeenkin, kun hemiselluloosa hajoaa. Pekiinien erilaiset rakenteet hajoavat ainakin osittain. Missä määrin pektiinit hajoavat, vaikuttaa keitetyn perunan lopulliseen rakenteeseen.

Aistinvaraisesti kiinteyttä havainnoidaan tarkastelemalla perunan pinnan tai leikkauspinnan rakenteita, halkeamia tai tasaisuutta. Mikrorakennetasolla kiinteyttä tai eheyttä voidaan havainnoida käyttämällä apuna mikroskooppia ja havainnoimalla soluseinien eheyttä (Thybo ym. 1998; Bordoloi ym. 2011). Voidaan ajatella, että kiinteys ilmenee rakenteen kovuutena, mutta kovuus ei aina ole suoraan verrannollinen kiinteyteen, jos solukko vaikuttaa eheältä, mutta on pehmeää tai solukko on varsin tiivistä mutta halkeilevaa. Esimerkiksi runsas tärkkelysmäärä kasvattaa perunan suhteellista tiheyttä, mutta suhteellinen tiheys ei aina viittaa perunan kovuuteen tai pehmeuteen (Ochsenbein 2009). Runsas tärkkelysmäärä aiheuttaa turvotessaan soluihin sisäisen paineen, ja solut voivat pyöristyä ja irrota toisistaan. Ja mikäli näin ei tärkkelysmäärästä huolimatta tapahdu, soluseinät ovat erittäin vahvoja ja rakenne on kovaa ja kiinteää. Vaikka kovuus ja kiinteys ovat eri asioita, perunan ominaisuuksien mittaristoissa näitä ei ole täysin pystytty erottamaan toisistaan. Näiden elementtien määrittämisen yksiselitteisyyden eteen on vielä tehtävä lisää tutkimuksia. Voitaisiinko kiinteyden määrittäminen toteuttaa yhdistämällä ominaisuuksia, jotka ilmentävät kiinteyttä eri tavoin, kuten jauhoisuus nyt määritetään?

### 3.4.3 Eri mittarikokoonpanoilla määritetyt keittotyypit

Kappaleessa 3.3.4 esiteltiin keittotyyppimääritysten eri tulkintatapoja ja niiden tuottamia tuloksia. Eri määrittystavoilla voidaan saada aikaan saman suuntaisia tuloksia, mutta tulokset voivat painottua eri tavoin. Syyt eroavaisiin tuloksiin voivat valittujen mittareiden lisäksi olla myös erilaisissa laskentatavoissa sekä arvosteluasteikkojen erilaisissa jaottelutavoissa (Österström ym. 1984; Pérez 2006; Castellari 2012; AGES 2014; BSA 2014; Wallonie 2014; Soete 2018; Gravouelle, 2019; Arvalis 2019). Mittarikokoonpanojen vertailussa ei keittotyypin tulokseksi tullut välttämättä eri keittotyyppiä, jos tulosten hajonta asettui tyyppirajan sisälle. On kuitenkin mahdollista, että rajatapauksissa sama perunalaatu voi saada erilaisen keittotyyppituloksen eri maissa. Toisaalta luokittelut ovat Euroopassa tarkempia kuin Suomessa, koska käytössä on myös välimuotoja, kuten AB, BA, BC ja CB. Mittarikokoonpanojen laskentatapaan tulee myös kiinnittää huomiota. Vaikka tulokset olisivat oikeansuuntaisia, esimerkiksi kovuus mittareiden joukossa on erillinen ulottuvuus, joka tulisi huomioida keskiarvoon laskemisen sijaan erillisesti (Ochsenbein ym. 2009). Keittotyyppituloksen laskennassa olennaista on se, että laskentatapa rakennetaan valittujen mittareiden mukaan. On tärkeää huomioida, mitä kyseiset mittarit ilmaisevat.

Ochsenbein (2009) totesi, että kolme mittaria riittäisi kuvaamaan keittotyyppiä, ja ne ovat jauhoisuus, pehmeys ja keittohajoaminen. Tutkielmassa tutkittujen mittareiden analyysissä aistinvaraisesti ulkoisesti ja suutuntumalla arvioitu jauhoisuus, ulkoisesti arvioitu karkeus ja ulkoisesti arvioitu keittohajoaminen erottelivat lajikkeet parhaiten. Näiden sijaan kovuus aistinvaraisesti arvioituna erotteli lajikkeita heikosti. Samaten Ochsenbein ym. totesivat tutkimuksessaan, että pehmeuden määrittäminen aistinvaraisesti tuottaa suuria haasteita.

### 3.4.4 Tutkielmassa kokeiltujen instrumentaalisten määritysten käytön onnistumiset ja haasteet

Instrumentaalisten mittareiden testaus oli tässä työssä kokeellista. Kokeiluissa mittareilla saatiin myös järkeviä tuloksia, joten menettelytavat olivat oikean suuntaisia. Värimittauksen ja rakennemittarin sovellukset oli valittu mukaellen aikaisemmin kokeiltuja menetelmiä, vaikka kaikkia yksityiskohtia ei menetelmien osalta ollut tiedossa. Rakennemittarin sovelluksista ensimmäinen vaihtoehto yksiaksiaalisella puristustestillä kuitenkin hylättiin, koska näytteiden välille ei saatu riittävästi eroa. Valittu rakennemääritys ”hammas” -



mallisella terällä sovelsi puraisua, ja sillä saatiin näytteiden välille eroja aikaan. Tätä menetelmää juuri tässä muodossa ei kuitenkaan ole aikaisemmin käytetty keitetyille perunalle, vaan esimerkiksi pihvin tai leivonnaisen puraisun testaamiseen.

Tärkkelysjakauman mittaustapana jodivärijäys yhdistettynä värimittaukseen on käyttökelpoinen menetelmä perunan tärkkelysjakauman tasaisuuden määrittämiseen. Menetelmää on käytetty aiemmin esimerkiksi PPP-hankkeen näytteiden tutkimisessa, ja sen avulla pystytään hvainnoimaan tärkkelysjakauman erojen suuruutta perunan eri alueiden välillä (Matikainen 2019). Hyperspektrisen kuvantamisen käyttö samaan tarkoitukseen vaatii runsaasti kalibrointitietoa, jotta kuvan sisältämä informaatio saataisiin määritettyä. Hyperspektristä kuvantamista tulisi testata pidemmällä aallonpituusalueilla, kuin mitä tässä työssä käytetyllä laitteella oli mahdollista, ja hakea tarkoitukseen sopiva referenssi-valkoisia pintoja tässä työssä käytetyn standardipinnan sijaan (Kjaer ym. 2016). Kun hyperspektrisen laitteen kalibrointi kyseiseen tarkoitukseen on tehty, rakenteen tasajakoisuuden määrittäminen helpottuu huomattavasti.

Instrumentaaliset määitykset puoltavat paikkaansa, kun pyritään karsimaan yksilöllisiä havainnointieroja. Värimittarilla määritetty keittohajoaminen  $L^*a^*b^*$  väriavaruuden L-arvon keskihajonnan avulla määritti hajoamista hyvin verrattuna aistinvaraiseen arviointiin. Molemmat mittarit erottelivat lajikkeet yhtä hyvin, sillä ominaisuudet sijoittuivat PCA-mallissa yhtä etäälle origosta. Ne sijoittuivat mallissa hieman erilleen toisistaan, mutta korreloivat selkeästi keskenään, joten keittohajoamista on mahdollista määrittää varimittarin avulla hyvällä menestyksellä. Keittohajoamisen aistinvarainen visuaalinen arviointi on suhteellisen nopea menetelmä, mutta värimittauksella saatuun tulokseen eivät vaikuta yksilölliset havainnointierot.

### 3.4.5 Keittotavan merkitys

Suomessa keittokoe tehdään tyypillisesti keittämällä vedessä. Tutkimusosion keittomenetelmäksi valittiin Keski-Euroopassa yleisesti käytössä oleva höyrykeitto. Höyrykeiton tuottama keittotulos on keittotyyppitulosten kannalta tärkeä kysymys. On mielenkiintoista, että keittokokeessa käytettyjä keittotapoja on erilaisia, sillä keittotapa vaikuttaa oleellisesti perunan keittohajoamisen asteeseen: Höyrykeitto on vesikeittoa selvästi hellävaraisempi tapa keittää perunat, ja ne pysyvät myös kypsyttyään helpommin kokonaisina.

Keittotavan vaikutuksia perunan pehmenemiseen voidaan havainnoida parhaiten rakennemittauksen avulla (Alvarez ym. 2001). Rakenteen kovuusmittausten perusteella höyrykeitto jättää perunan rakenteen kauttaaltaan hieman kovemmaksi kuin vesikeitto (Matikainen 2012). Tämän tutkielman keittotavan valintatestissä tämä ilmeni siten, että jauhoisuuteen taipuvaset lajikkeet absorboivat keittovettä perunan saavutettua täyden kypsyyden ja solujen välissä avautui vedelle tilaa. Höyrykypsennyksessä tätä ei tapahtunut samassa mittakaavassa. Toisaalta, jos perunoiden keitossa pyritään tiettyyn tavoitelämpötilaan perunan ytimessä, höyrykeitto vaatii enemmän aikaa tietyn lämpötilan saavuttamiseen verrattuna vesikeittoon (Amare, 2016). Tällöin perunan mallon tulisi altistua lämmölle pidemmän aikaa, mikä lopulta johtaa siihen, että höyrykeitton menetelmällä keitetyt perunat ovat vähemmän kovia kuin vedessä keitetyt perunat.

Yhtenäinen keittotapa olisi askel kohti keittotestien vertailtavuutta, mikäli tätä pidettäisiin tärkeänä. Vertailtavuuden sijaan tärkeämpänä pidetään Suomessa kuitenkin vesikeiton haastavia olosuhteita hellävaraisempaan höyrykeittoon verrattuna (Bligt-Linden, 2019). Vertailtavuuden kannalta myös mahdolliset veden kovuuden erojen aiheuttamat vaikutukset tulisi ottaa huomioon, sillä Suomessa vesi on yleisesti pehmeää, mutta valtaosassa Keski-Eurooppaa vesi on kovaa. Kalsiumpitoinen vesi voi vaikuttaa perunan pintaosien rakenteeseen siten, että solurakenteiden pektiini ei liukea veteen samalla tavoin kuin se pehmeään veteen liukenisi (Johnston ym. 1983). Euroopassa yleisemmän keittotavan, höyrykeiton vuoksi on mahdollista, että keittohajoamisen ohella käytettävä konsistenssi eli koostumus tarkastelee perunan rakennetta havainnoituna keiton jälkeen. Mikäli keittokoe on tehty höyrykeitetyille perunoille, koostumuksen määrittäminen on järkevää.

### **3.4.6 Mittaristojen ulottuvuudet**

Ochsenbein ym. (2009) kritisoi Winigerin ja Ludwigin (1974) kokoamaa mittaristoa yksiulotteiseksi, eli mittaristot vastaavat pelkästään kysymykseen, onko kyseessä kiinteä vai jauhoinen perunalajike. Kun mittarikokoonpanossa on tästä ulottuvuudesta poikkeavia mittareita, eivät näiden tuomat vivahteet näy tuloksissa. Eurooppalaisissa keittokokeissa on käytetty useita aistinvaraisesti arvioitavia ominaisuusparametrejä samankaltaisille ominaisuuksille. Tutkimuksen aistinvaraisen arvioinnin osiossa käytetyt mittarit todistivat aikaisemmissa tutkimuksissa havaittua ilmiötä siitä, että jauhoisuus, karkeus, vetisyys ja keittohajoaminen korreloivat voimakkaasti keskenään. Instrumentaalisista määrittäyksistä

näiden ominaisuuksien kanssa korreloivat ainakin osittain myös tärkkelyspitoisuus ja värimittarilla määritetty keittohajoaminen. Tutkimusosiossa määritettyjä ominaisuuksia analysoitiin SPSS tilastokäsittelyn Pearson korrelaatioiden ja Unscrambler -sovelluksella toteutetun pääkomponenttianalyysin avulla. Ensimmäiseen pääkomponenttiin asettuivat jauhoisuuteen liittyvät ominaisuudet, ja ne selittivät suurimman osan varianssista eri rakennetyyppien välillä. Jauhoinen rakenne on keskeinen ominaisuus jauhoisilla ja karkearakenteisilla mukuloilla, ja ei jauhoisilla rakenne on joko kiinteä tai vetinen. Testatut mittarit erottelivat rakennetyypit jauhoinen ja kiinteä omiin kategorioihinsa. Myös tarttuvuuden on havaittu tukevan jauhoinen - kiinteä -akselia (Harju 2010). Tätä tukee pääkomponenttianalyysin Bi-plot kuva, jossa tarttuvuus asettui kiinteän Annabelle -lajikkeen kanssa positiivisen akselin puolelle, ja jauhoisuus jauhoisempien perunalaatujen kanssa negatiivisen akselin puolelle.

Kaikki tutkitut lajikkeet poikkesivat toisistaan niin, että ne sijoittuivat kukin hieman eri tavoin pääkomponenttimallin analyysissä. Selkeimmät ominaisuuksien painotukset saatiin kiinteille ja jauhoisille lajikkeille ja tärkkelyslajike Albatrosille. Alun perin jauhoiseksi määritelty Afra asettui kiinteän ja jauhoisen välille yleisperunaksi jääden kauas jauhoisista perunoista, mutta poikkesi ominaisuuksiltaan myös yleisperuna Melodystä. Afralla oli edelleen jauhoisen perunan ominaisuuksia: Se hajoaa enemmän, on kuivempi, karkeampi ja kovempi, ja sillä on 2,1 % enemmän tärkkelystä kuin Melodyllä. Afran ja Melodyn tärkkelysjakauma on kuitenkin sekä aistinvaraisesti että instrumentaalisesti määritettynä samantasoista, kuten oli myös aistinvaraisesti arvioitu jauhoisuus. Tyypillisten jauhoisten ja kiinteiden laatujen ohella on välimuotoja, joiden laatu riippuu pektiinien rakenteista, komponenteista, määrästä ja tyypeistä, minkä vuoksi myös solurakenteiden vahvuudet poikkeavat toisistaan (Ralet ym. 2016). Melody ja Afra määriteltiin tässä tutkimuksessa yleisperunaksi, mutta keittotyyppi 'yleisperuna' jää hyvin väljäksi kokonaisuudeksi erilaisia laatuja Afran jauhoisen perunan ominaisuuksien ja Melodyn oli kiinteiden ominaisuuksien välille.

Uudeksi ulottuvuudeksi on ehdotettu myös rakenteen tasajakoisuutta. Tutkimuksessa kokeiltiin määrittää tätä sekä suutuntumalla että värimittauksella. Nämä kaksi määrittäytapaa tuottivat toisistaan poikkeavia tuloksia, ja suutuntumalla toteutettu määrittäys asettui pääkomponenttianalyysissä täysin vastakkaiselle puolelle kuin värimittauksella toteutettu. Toisaalta, näiden määrittäysten vektorit kulkivat lähes saman suuntaisesti kuin jauhoisuuteen liittyvien määrittäysten vektorit, jolloin tasajakoisuuden voidaan olettaa kytkeytyvän

jauhoisuuteen liittyviin ominaisuuksiin. Värimittarilla määritetty tasajakoisuus korreloikin usean jauhoisuuteen liittyvän ominaisuuden kanssa. Tämän perusteella ei voida päätellä, että rakenteen tasajakoisuus on itsenäinen ulottuvuus.

Instrumentaalisilla määritystavoilla kokeiltiin määrittää rakenteen tasajakoisuutta, kovuutta ja keittohajoamista, mukaellen HZPC:n mittarikokoonpanoa. Instrumentaalisiksi ulottuvuuksiksi on ehdotettu akselistoa kiinteä-jauhoinen, kova-pehmeä ja tasainen-epätasainen (Paassilta 2018). Tässä tutkimuksessa saadut tulokset tukivat erityisesti sitä että jauhoisuuden lisäksi kovuus-pehmeys erottuu omaksi ulottuvuudekseen määrittäen itsenäisiä ominaisuuksia, kuten myös Ochsenbein on todennut (2009). Vaikka rakenteen tasajakoisuus ei pääkomponenttimallissa erottunut muista mittareista omaksi ulottuvuudekseen, tasajakoisuuden erikseen määrittäminen tulee kysymykseen ennen kaikkea teollisuuden erityistarpeiden vuoksi.

## 4 PÄÄTELMÄT

Kaupallisesti keittotyyppin määrittämisellä on suurin tehtävä, kun uusi lajike saa luonnehdintansa, tai kun yksittäistä perunaerää luokitellaan myyntiin. Tutkimuksessa keittotyyppi on myös yksi käyttökelpoinen mittari verrattaessa esimerkiksi kasvatusolosuhteiden vaikutuksia perunan laatuun. Mikäli arvioinnit toteutetaan eri organisaatioiden toimesta, on tärkeää huolehtia, että menetelmät ovat yhteneväiset. Instrumentaalisilla mittauksilla voidaan karsia yksilöllisiä havainnointieroja.

Kartoituksen tuloksena löydettiin erilaisia mittarikokoonpanoja, yksittäisten mittareiden tulkinnan eroja, määrittämisen menettelytapoja ja eroja laskentatavoissa. Tutkielman tärkeänä tuloksena on otos eurooppalaisista keittotyyppien määrittämisen versioista. Keskeisenä aineistona olivat alkuperäiset Euroopan eri maista saadut alkuperäisellä kielellä laaditut materiaalit, minkä vuoksi tulkinta vaati sekä kielitaitoa että loogista päättelyä. Samalla termillä saatettiin tarkoittaa eri asioita, ja varmuus näiden sisällöstä saatiin vain, mikäli termille oli mukana myös selitys.

Selvityksen mukaan keskeisiä aistinvaraisesti määritettäviä ominaisuuksia ovat keittohajoaminen, jauhoisuus, vetisyys, kovuus, karheus, ja koostumus. Lisäksi instrumentaalisesti voidaan määrittää ainakin tärkkelyspitoisuutta, tärkkelyksen (tai kuiva-aineen) jakaumaa ja keittohajoamista. Tässä tutkielmassa keskityttiin erityisesti mittaristojen tuottamiin eroavaisuuksiin keittotyyppin määrittämisessä.

Euroopassa keittotyyppin mittaristo perustuu EAPR:n laatimaan ohjeistukseen, joka keskittyy määrittämään keittolaadun akselilla kiinteä – jauhoinen. Samoja ominaisuuksia eri näkökulmista toistavat mittarit kuten jauhoisuus, vetisyys/kuivuus, keittohajoaminen ja tärkkelyspitoisuus tukevat tätä ulottuvuutta. Vaikka keittotyyppikokeiden vertailussa kävi ilmi, että käytössä on erilaisia kokoonpanoja, lähes samaan lopputulokseen on silti mahdollista päästä. Rajatapauksissa sama perunalaatu voi saada erilaisen keittotyyppituloksen, mutta koska Euroopassa on käytössä myös keittotyyppien välimuotoja, pieni vivahde-ero ei välttämättä haittaa. Mittareita ja niiden käyttömuotoja on lukuisia, mutta tarve mittaamisen yksinkertaistamiseen on ilmeinen. Mittareista keittohajoamisen visuaalinen arviointi, ja tärkkelyspitoisuuden määrittäminen voivat jo osoittaa perunan jauhoisuuden ja hajoamistaipumuksen asteen, ja sijoittaa perunat jauhoisuus-kiinteys akselille, kun vähempikin tieto riittää. Mutta riittääkö se? Tässä tutkimuksessa

yleisperunaksi luokiteltujen Melodyn ja Afran eroavaisuudet olivat monella mittarilla selkeät. Nämä erot eivät kuitenkaan enää ole havaittavia keittotyyppin määrittelyn jälkeen.

Pääkomponenttimallissa lajikkeet muodostivat kolmion, jonka vasemmassa nurkassa ovat kiinteät lajikkeet, ylhäälle oikealle sijoittuivat jauhoiset ruokaperunat ja alhaalle oikealle tärkkelyslajike. Jauhoisuutta selittävä ensimmäinen pääkomponentti selitti suurimman osan varianssista eri rakennetyyppien välillä, ja suurin osa ominaisuuksista oli sijoittunut lähelle jauhoisia ruokaperunalajikkeita. Jauhoisuus, karkeus, vetisyys ja keittohajoaminen korreloivat voimakkaasti keskenään. Aistinvaraisesti arvioituista mittareista ulkoisesti ja suutuntumalla arvioitu jauhoisuus, ulkoisesti arvioitu karkeus ja ulkoisesti arvioitu keittohajoaminen erottelivat lajikkeet parhaiten. Näiden sijaan kovuus aistinvaraisesti arvioituna erotteli lajikkeita heikosti. Rakennemittarilla määritetty rakenteen kovuus erottui itsenäiseksi ominaisuuksia erottelevaksi ulottuvuudeksi erotellen lajikkeet selvästi. Myös aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu että pehmeys on itsenäinen ominaisuus, joka ei liity jauhoisuuteen tai kiinteyteen.

Euroopassa yleisesti käytössä oleva koostumus (consistency) ei ole yksiselitteinen ominaisuus, minkä vuoksi sitä tulkitaan joko kovuudeksi tai kiinteydeksi. Ominaisuuden tarkentaminen olisi aiheellista. Koostumus, kiinteyden tai kovuuden oikein mitattuna voisi erottaa lajikkeet, joilla on samankaltaiset jauhoisuusominaisuudet, mutta erilaiset kiinteysominaisuudet. Tässä tutkimuksessa selvää eroavaisuutta määritteli kovuus. Kun keittotyyppin mittaristossa on mukana kovuus (tai pehmeys), laskentatapaan tulee kiinnittää huomiota, sillä keskiarvoa ei voi käyttää, jos mittaristossa on eri ulottuvuuksia.

Rakenteen tasajakoisuus ei erottunut omaksi ulottuvuudekseen tässä tutkimuksessa, eli se ei erotellut lajikkeita siten, että ominaisuus poikkeaisi itsenäiseksi mittariksi kiinteä-jauhoinen -akselilta. Tätä ominaisuutta tarvitaan kuitenkin esimerkiksi ranskanperunateollisuuden tarpeisiin. Rakenteen tasajakoisuutta, eli tärkkelyksen sijoittumisen tasaisuutta, voidaan värimittauksella määrittää varsin hyvin. Tämä mahdollistaa tarkastelun ulottuvuuksille kiinteä-jauhoinen, kova-pehmeä ja tasainen-epätasainen.

Tutkimuksessa jäi avonaiseksi myös kysymys, miten tulokset eroavaisivat jos keittotapana olisi vesikeitto. Koska keittokokeet tehtiin höyrykypsennyksellä, vesikeiton ja höyrykypsennyksen keittotulosten vertailu keittotyyppin mittareiden suhteen toisi lisää hyödyllistä tietoa keittotyyppin määrittelyseroista.

## 5 LÄHDELUETTELO

- AGES. 2017. Österreichische beschreibende Sortenliste. Verkkosivu. Saatavilla: <http://bsl.baes.gv.at/>.
- Ahvenniemi P. 2019. Perunan keittolaadun määrittäminen. Verkkosivu. Haettu 10.09.2019. Saatavilla: <http://www.saunalahti.fi/~ahven/peruna/keittokoe.htm>
- Amare A, 2016. Analysis of sensory and texture properties of three potato cultivars boiled to different thermal center temperatures. Maisterin tutkielma. Lund Institute of Technology. Department of Food Technology, Engineering and Nutrition, LTH. Tiedosto verkkosivulla. 2019. Saatavilla: <https://pdfs.semanticscholar.org/b490/22209b8a9e081b157e9712e18a3128772642.pdf>
- Askegaard S, Madsen T. 1995. European Food Cultures: An exploratory analysis of food related preferences and behaviour in European regions. MAPP Tutkimusraportti. Saatavilla: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.4394&rep=rep1&type=pdf>.
- Alvarez MD, Canet W, Tortosa ME. 2001. Kinetics of thermal softening of potato tissue (cv Monalisa) by water heating. *European Food Research and Technology* 210. s. 454-464.
- Belitz H-D, Grosch W, Schieberle P. 2004. Food Chemistry, 3rd revised Edition. Berlin: Springer-Verlag. s. 320.
- Blahovec J, Hejlová A. 2005. Role of tuber density in potato sloughing. *J Texture Stud* 37 (2006) 165–178.
- Bligt-Linden E. 2019. Haastattelu. Jepua. 21.08.2019.
- Bordoloi A, Kaur L, Singh J. 2011. Parenchyma cell microstructure and textural characteristic of raw and cooked potatoes. *Food Chemistry* 133 (2012) s. 1092–1100.
- Bundessortenamt 2019. Überarbeitete Richtlinie Kartoffel, Februar 2019. Saatavilla: [https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/RILI\\_4\\_3\\_Kartoffel\\_201902.pdf](https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/RILI_4_3_Kartoffel_201902.pdf).
- Carpenter G. 2012. Role of Saliva in the Oral Processing of Food. Teoksessa: Chen J, Engelen L. 2012. Food Oral Processing: Fundamentals of Eating and Sensory Perception. s. 45-60.
- Castellari L. 2012. Seminaariesitys. Analisi qualità e analisi sensoriali patata. Astra Innovazione E Sviluppo s.r.l. Saatavilla: [http://www.astrainnovazione.it/files/seminario-5-dicembre-2012-patata-Lorenaridotta\\_n0midfa7.pdf](http://www.astrainnovazione.it/files/seminario-5-dicembre-2012-patata-Lorenaridotta_n0midfa7.pdf).
- De Haan S, Rodriguez F. 2016. Potato Origin and Production. Teoksessa: Singh J, Kaur L. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. II painos. Elsevier. 2016. s. 1-24.
- Dulloo ME, Rege JEO, Ramirez M, Drucker AG, Padulosi S, Maxted N, Sthapit B, Gauchan D, Thormann I, Gaixberger H, Roux N, Sardos J, Ruas M, Rouard M. 2017. Conserving agricultural biodiversity for use in sustainable food systems. Teoksessa: de Boef W, Haga M, Sibanda L, Swaminathan MS, Winters P. *Mainstreaming Agrobiodiversity in Sustainable Food Systems*. 2017. Biodiversity International 2017. ISBN: 978-92-9255-070-7.
- Elokuvasäätö, 2019. Tieto verkkosivulta: <https://ses.fi/elokuva/peruna/>.
- Encyclopedia Britannica, 2019. Artikkelit: Pierre-Marie-Alexis Millardet. Saatavilla: <https://www.britannica.com/biography/Pierre-Marie-Alexis-Millardet#ref248203>.
- Eurostat. 2019. The EU potato sector - statistics on production, prices and trade. Saatavilla: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=The\\_EU\\_potato\\_sector\\_-\\_statistics\\_on\\_production,\\_prices\\_and\\_trade](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=The_EU_potato_sector_-_statistics_on_production,_prices_and_trade).
- Finlex. 2019. Perusopetuslaki (628/1998) 31 § 2 momentti. 2019. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1998/19980628?search%5B>.
- Flint O. 1994. Food Microscopy. Oxford. 1. p. BIOS Scientific Publishers Ltd. s. 29-47.

Food Technology Corporation. 2019. TMS Craft Knife. Verkkosivu. Haettu: 05.09.2019. Saatavilla: <https://www.foodtechcorp.com/tms-craft-knife>.

Gancarz M, Konstankiewicz K, Zgórska K. 2012. Cell orientation in potato tuber parenchyma tissue. *Int. Agrophys. Polish Academy of Sciences*. (2012) 28, 15-22.

Genger R. 2014. Potato tuber maturation – when are they ready to harvest? Organic Potato Project. University of Wisconsin-Madison. Dep. of Plant Pathology. Saatavilla: <http://labs.russell.wisc.edu/organic-seed-potato/2014/08/03/potato-tuber-maturation-when-are-they-ready-to-harvest/>.

Gravouelle JM. 2019a. Examen de la texture et du noircissement après cuisson. Power Point esitys. Arvalis, Institut du vegetal. Variétés Qualités Valorisations de la pomme de terre. Ranska. Ei julkisesti saatavilla.

Gravouelle JM. 2019b. Sähköposti 2.4.2019. Arvalis, Institut du vegetal. Ranska. Ei julkisesti saatavilla.

Guide-Resto. 2019. Quelques mets régionaux à base de Pomme de Terre. Saatavilla: <http://www.guide-resto.info/quelques-mets-regionaux-a-base-de-pomme-de-terre/>.

Haase NU. 2006. Rapid estimation of potato tuber quality by near-infrared spectroscopy. *Starch-Starke* 58, s. 268–273.

Harju L. 2010. Uusien perunalajikkeiden aistittava laatu. Helsingin yliopisto. Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos. EKT-sarja 1473.

Huang C. 2006. Changes in morphological, thermal and pasting properties of yam ( *Dioscorea alata*) starch during growth. *Carbohydrate Polymers*, 64(4), s. 524-531.

HZPC. 2019. HZPC Problem Description: potato dry matter distribution measurements. Saatavilla: <https://fa.its.tudelft.nl/~groenevelt/swi/projects/hzpc-problem-description.pdf>.

Paassilta M. 2018. Keittotyypin määrittäminen HZPC:llä. Sähköpostikeskustelu. Ei saatavilla.

Jankowski T. 1992. Influence of starch retrogradation on the texture of cooked potato tuber. *Int. J. of Food Science and Technology* (1992) 27, 637-642.

Jarvis MC, Duncan HJ. 1992. The textural analysis of cooked potato. 1. Physical principles of the separate measurement of softness and dryness. *Potato Research* 35 (1992) 83-91.

Jiang ym. 2015. Detection of Starch Content in Potato Based on Hyperspectral Imaging Technique. *Int. J. of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*. Vol.8, No.12 (2015), s.49-58.

Johnston DE. 1983. Losses of pectic substances during cooking and the effect of water hardness. *J Science of Food and Agriculture*, 34(7), s. 733-736.

Kankaala A, Hiltunen S, Lahdenperä H, Myllykangas K, Virtanen E. 2014. Peruna paremmaksi. MTT Raportti 171. Saatavilla: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/485079/mttraportti171.pdf>

Kari M, Pakari S, Ali-Kippari R. 2002a. Keittolaatuluokitus. Ohjeet keittokokeeseen ja tulosten tulkintaan keittoluokan määrittämisessä. *Perunantutkimuslaitoksen julkaisu* 2/2002.

Kari M, Pakari S, Ali-Kippari R. 2002b. Keittokoe tutkimuskäytössä. Ohjeet keittokokeen suorittamiseen ja arviointiin. *Perunantutkimuslaitoksen julkaisu* 2/2002.

Keetels CJAM. 1995. Retrogradation of Concentrated Starch Systems. Mechanism and Consequences for Product Properties. Ph.D. thesis, Wageningen. Agricultural University. 165 s. Saatavilla: <http://edepot.wur.nl/206559>.

Kilcast, D. 2004. Texture in Food. Solid Foods. 2. p. Cambridge: Woodhead Publishing, Ltd. 560 s.

Kiviranta T. 2019. Markkinakatsaus: Perunan vienti Suomesta Keski-Eurooppaan vetää hyvin. Maaseudun tulevaisuus 01.04.2019.



Kjaer A, Nielsen G, Staerke S, Clausen MR, Edelenbos M. 2017. Prediction of Starch, Soluble Sugars and Amino Acids in Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) Using Hyperspectral Imaging, Dielectric and LF-NMR Methodologies. *Potato Research* (2016) 59:357–374.

Konstankiewicz K, Czachor H, Gancarz M, Król A, Pawlak K, Zdunek A. 2002. Cell structural parameters of potato tuber tissue. *Int. Agrophys. Polish Academy of Sciences*. s. 119 - 127.

Kremer-Schillings W. 2017. UWG - Das Unterwassergewicht. Video. Saatavilla: <https://www.bauerwilli.com/uwg-das-unterwassergewicht/>.

Kumar K, Ezekiel R, Singh B, Ahmed I. 2005. Conversion table for specific gravity, dry matter and starch content from underwater weight of potatoes grown in north-Indian plains. *Potato J.* 32 (1 - 2) : 79-84.

Kuusisto A. 2019. Luonnosta Finland Oy. Puhelinhaastattelu perunan viennin käytännöistä 05.10.2019. Ei saatavilla.

Larsen FH, Byg I, Damager I, Diaz J, Engelsen SB, Ulvskov P. 2011. Residue specific hydration of primary cell wall potato pectin identified by solid-state <sup>13</sup>C single-pulse MAS and CP/MAS NMR spectroscopy. *Biomacromolecules* 12 (5), 1844–1850.

Laufer P, Flöck F, Wagner C, Strohmaier M. 2015. Mining cross-cultural relations from Wikipedia - A study of 31 European food cultures. Cornell University. arXiv:1411.4484v2.

Lisińska G, Leszczyński W. 1989. *Potato science and technology*. Elsevier Appl. Sci. London. 391 s.

Martens HJ, Thybo AK. 2000. An Integrated Microstructural, Sensory and Instrumental Approach to Describe Potato Texture. *LWT – J Food Sci and Tech*. Vol. 33/7. 2000. s 471-482.

Matikainen L. 2012. Kypsymisen kuvausmenetelmä. Perunan kypsyminen. Insinöörin opinnäytetyö, SeAMK. 2012. Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48734/Matikainen\\_Laila.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48734/Matikainen_Laila.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Matikainen L. 2019. Tärkkelyksen jakaumat perunanäytteissä. Parempaa Perunaa Pohjoisesta -hanke. Materiaali ei ole saatavilla.

Mustonen S, Appelbye U, Tuorila H. 2016. Aistinvaraisen kokeen suunnittelu ja toteutus. Teoksessa: Tuorila H, Appelbye H. 2016. *Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät*. Gaudeamus. s. 175-191

Nguyen DTN, Tsuta M, Nicolai BM, De Baerdemaeker J, Saeys W. 2011. Prediction of optimal cooking time for boiled potatoes by hyperspectral imaging. *J Food Engineering* 105. s. 617-624.

Ochoa M. 1990. *The Potatoes of South America: Bolivia*. Cambridge University Press. s. 322.

Ochsenbein C, Hoffman T, Keiser A, 2008. Bestimmung der Kocheigenschaften von Kartoffeln im Handel. *AGRARForschung* 15 (6): 252-257, 2008

Ochsenbein C, Hoffmann T, Escher F, Kneubühler H, Keiser A. 2009. Methods to routinely predict the texture quality of potatoes by tuber specific gravity.

Otaka T, Imajyo K. 1986. Studies on the density of starch granules potato. *Denpun kagaku = Journal of the Japanese Society of Starch Science*, 33(4), s. 258-260.

Paalo A. 2009. Perunan tulo pohjolaan. Lisätty artikkeli teokseen: Reader J. 2008. *Peruna. Eräs maailmanhistoria*. Like. 2009. s. 343-355.

Pajunen E. 2017. Suomalaiset haluavat nyt helppoa perunaa – pakastealtaasta napataan ristikoita, palleraita ja tikkuja. Artikkel. Kaleva. 31.10.2017. Saatavilla: <https://www.kaleva.fi/uutiset/kotimaa/suomalaiset-haluavat-nyt-helppoa-perunaa-pakastealtaasta-napataan-ristikoita-palleraita-ja-tikkuja/774632/>.

Pathare PB, Opara UL, Al-Said FAJ. 2011. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol* (2013) 6:36.

Perez JMV. 2006. *Calidad Patatas*. Julkaisu. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia España. Saatavilla: <http://wwwsp.inia.es/Investigacion/OtrasUni/DTEVPPF/Unidades/CentrosEnsayo/EstacionEnsayos/Documents/Métodospatata.pdf>.

- Ralet MC, Buffetto F, Capron I, Guillon F. 2016. Cell Wall Polysaccharides of Potato. Teoksessa: Singh J, Kaur L. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. 2. painos. Elsevier. 2016. s. 33-50.
- Reader J. 2008. *Peruna. Eräs maailmanhistoria*. 1. p. Helsinki. Like kustannus. 374 s.
- Roininen K, Heiniö, RL. Vehkalahti K. 2016. Kuvailevat menetelmät. Teoksessa: Tuorila, H. Appelbye, U. 2016. *Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät*. 285 s.
- Ross CF ja Hoyer CL. 2012. Breaking and Mastication of Solid Foods. Teoksessa: Chen J, Engelen L. 2012. *Food Oral Processing: Fundamentals of Eating and Sensory Perception*. s. 95-109.
- Ross HA, Wright KM, McDougall GJ, Roberts AG, Chapman SN, Morris WL, Hancock RD, Stewart D, Tucker GA, James EK, Taylor MA. 2010. Potato tuber pectin structure is influenced by pectin methyl esterase activity and impacts on cooked potato texture. *J Exp Bot*. Vol. 62(1) s. 371–381.
- Schmidt US, Koch L, Rentschler C, Kurz HU, Endreß HU, Schuchmann HP. 2014. Effect of Molecular Weight Reduction, Acetylation and Esterification on the Emulsification Properties of Citrus Pectin. *Food Biophysics* 10/2. s. 217-227.
- Shirvani M, Ghanbarian D, Ghasemi-Varnamkhasti, M. 2014. Measurement and evaluation of the apparent modulus of elasticity of apple based on Hooke's, Hertz's and Boussinesq's theories. *Measurement* 54 (2014) s. 133–139.
- Simmonds N. 1977. Relations between specific gravity, dry matter content and starch content of potatoes. *Potato Res.* 20 (1977) 137-140.
- Singh J, Kaur L, Rao MA. 2016. Textural Characteristics of Raw and Cooked Potatoes. teoksessa: Singh J, Kaur L. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. II painos. Elsevier. 2016. s. 475-499.
- Stable Micro Systems. 2019. Verkkosivu. <https://www.stablemicrosystems.com>.
- Soete, A. 2018. Sähköpostikeskustelu. Ei saatavilla.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts. 3.p. 690 s.
- Taste Atlas 2019. Cepelinai. Saatavilla: <https://www.tasteatlas.com/cepelinai>.
- Taste Atlas 2019. Kluski śląskie. Saatavilla: <https://www.tasteatlas.com/kluski-slaskie>.
- Texture Technologies. 2019. Cooked Burger Patty TA-45 Incisor vs. TA-46 MORS Shear. Verkkosivu. Saatavilla: <https://texturetechnologies.com/application-studies/cooked-burger-patty-ta-45-incisor-vs-ta-46-mors-shear>.
- Thybo AK, Van Den Berg F. 2002. Full uniaxial compression curves for predicting sensory texture quality of cooked potatoes. *J. Texture Studies* 33, 119–134.
- Thybo AK, Bechmann IE, Martens M, Engelsen SB. 2000. Prediction of sensory texture of cooked potatoes using uniaxial compression, near infrared spectroscopy and low field H-1 NMR spectroscopy. *Lebensm. Wiss. Technol.* 33, 103–111.
- Thybo AK, Martens M. 1998. Development of a Sensory Texture profile of cooked potato es by multivariate data analysis. *Journal of Texture Studies* 29 (1998) 453-468.
- Thybo AK, Martens M. 1999. Instrumental and Sensory Characterization of Cooked Potato Texture. *Journal of Texture studies* 30 (1999) s. 259-278.
- Thybo AK, Martens HJ, Lyshede OB. 1998. Texture and Microstructure of Steam Cooked, Vacuum Packed Potatoes. *Journal of Food Science*. 63:4. s. 692-695.
- Torres MDA, Parreño WC. 2016. Thermal Processing of Potatoes. Teoksessa: Singh J, Kaur L. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. II painos. Elsevier. 2016. s. 403-449.
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2019. Syödään ja opitaan yhdessä – kouluruokailusuositus. Kustantaja: Terveystieteiden tutkimuskeskus. Verkkosivu. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-791-6>.

- Van Aken GA, Vingerhoeds MH, De Hoog EHA. 2007. Food colloids under oral conditions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 12. 251 - 262.
- Van Marle JT, Clercx ACM, Boekestein A. 1992. Cryo-scanning electron microscopy investigation of the texture of cooked potatoes. *Food Structure*. 2/1992. *Scanning Microscopy International*, Chicago. s. 209-216.
- Van Marle JT, de Vries R, Wilkinson EC. 1997b. Characterization of changes in potato tissue during cooking in relation to texture development. *Potato Res* 40: 79.
- Van Marle JT, Stolle-Smits T, Donkers J, Van Dijk C, Voragen AGJ, Recourt K. 1997a. Chemical and Microscopic Characterization of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cell Walls during Cooking. *J. Agric. Food Chem.* 1997, 45, 50-58
- Verlinden BE, Nicolai BM, Baerdemaeker JD. 1995. *J. Food Engineering* 24 (1995). Elsevier Science Limited. s. 165-179.
- Waldron KW, Smith AC, Parr AJ, Ng A, Parker ML. 1997. New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. *Trends in Food Science & Technology*. 8:7 s. 213-221.
- Wen-Hao S, Da-Wien S. 2017. Chemical imaging for measuring the time series variations of tuber dry matter and starch concentration. *Computers and Electronics in Agriculture* 140 (2017) 361–373.
- Winiger FA, Ludwig JW. 1974. Methoden der Qualitätsbeurteilung bei Kartoffeln für den menschlichen Konsum. *Potato research*. 17. (1974): 434-465.
- Worlds of Food. 2019. Was isst Deutschland? Verkkojulkaisu. Saatavilla: <https://www.worldsoffood.de/specials/was-isst-deutschland/item/2202-deutsche-lieben-pommes-liste-der-beliebtesten-kartoffel-variationen.html>.
- Yapo BM, Gnakri D. 2015. Pectic Polysaccharides and Their Functional Properties. Teoksessa: *Polysaccharides. Bioactivity and Biotechnology*. Springer International Publishing. s. 1729-1749.
- Yhdistyneet kansakunnat 2011. Varhais- ja ruokaperunoiden kaupan pitämistä ja kauppalaadun valvontaa koskevat laatuvaatimukset FFV-52. Versio 2100. Saatavilla: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/fresh/FFV-Std/Finnish/Potatoes.pdf>.
- Österström L, Gustafson U, Lundgren B. 1982. Värmebehandling av potatis: Tid-Temperaturförloppet inverkan på potatisens sensoriska egenskaper. SIK Rapport. 1982. Nr. 501.

## **LIITTEET**

1. Eurooppalaisten keittokokeiden mittareiden esiintyminen eri maissa mittareittain
2. Tutkimuslomake, aistinvarainen arviointi
3. Suostumuslomake aistinvaraiseen tutkimukseen
4. Raadin koulutusmateriaali
5. Muuntoasteikot PCA-analyysiä varten

## LIITE 1: Eurooppalaisten keittokokeiden sisällöt eri maista mittareittain:

**Keittohajoaminen (Rikkikiehuminen, koossapysyvyys)**

	Organisaatio	Termi	Käytössä	Kuvailut
Espanja	INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	Desintegración	X	Ei ollenkaan: Täysin sileä, joskus hieman läpinäkyvä. Kevyesti hajonnut: Enimmäkseen ehjä, mutta kevyesti hajonnut joistakin kohdin. Sileä osa näyttää hieman kuivemmalta ja karkeammalta kuin ensimmäisessä tapauksessa. Melko hajonnut: Enimmäkseen hajonnutta ja kuivahkoa pintakerroksessa. Täysin hajonnut: Ulkoiset kerrokset hajaavat kokonaan. Peruna on voinut menettää alkuperäisen muotonsa. Hajonnut osa ei yleensä ole kuivaa, vaan sillä on kostea ja puuromainen ulkonäkö.
Italia	ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale	Integrità	X	Pysyy täysin koossa, kevyesti hajonnut, selvästi hajonnut, täysin hajonnut
Itävalta	AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH	Zustand der Rinde, Zerkochen	X	Perunanäytteiden ulkoinen arviointi enen kuin niitä siirretään arvioitavaksi. Ei ylikypsä vaan kiinteä, hiukan hajoamisen merkkejä, Selkeästi hajonnut, Täysin hajonnut ja pehmeä.
Saksa	Das BSA, Bundessortenamt			
Ranska	Arvalis Institut du végétal	Échelle de délitement	X	Arvioidaan kuvan perusteella. Eheä - täysin hajonnut
Belgia	Wallonie reserche CRA-W	Échelle de délitement	X	Arvioidaan kuvan perusteella. Eheä - täysin hajonnut
Suomi	Perunantutkimuslaitos, Petla (Kari ym, 2004)	Hajoamisen kestävyys	X	Täysin kiinteä, melkein ehjä, lievästi rikki, melko hajonnut, kokonaan hajonnut,
Suomi	Potwell (Potwell, 2014)	Keittohajoaminen	X	Vetinen, kiinteämaltoinen, hieman jauhoinen, jauhoinen, hajonnut
Hollanti	HZPC	Keittohajoaminen	X	Koneellisesti kuvantamisen avulla
Sveitsi	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL	Zerkochen	X	Täysin eheä - täysin hajonnut
Ruotsi	Svensk Potatis	Sönderkokning	X	Heikko hajoaminen = kuori halkeilee pinnalla Jonkin verran = 1 mm: n syvemmät halkeamat. Hajoava = mukula hajoaa kypsennyksen aikana. Heikko = malto vettyy pinnalta ja keskellä on kraatereita, joidenka halkaisija on muutama mm. Voimakas hajoaminen = malto on löysä ja lähes soseutunut
Ruotsi	Institutet för Livsmedel och Bioteknik	Färdigkokningsgrad	X	Aivan liian vähän keitetty - aivan liian kauan keitetty

**Jauhoisuus**

	Organisaatio	Termi	Käytössä	Kuvailut
Espanja	INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	Harinosidad	X	Ei jauhoinen, Kevyesti jauhoinen, jauhoinen, erittäin jauhoinen
Italia	ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tegnologica e la Ricerca Agroambientale	Farinosa	*	Mittari mainitaan, mutta ei tarkempaa kuvausta. Jauhoisuus on tyyppiluokittelu joka saadaan yhteistuloksena
Itävalta	AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH	Mehligkeit	X	Jauhoisuus arvioidaan visuaalisesti ulko- ja leikkauspinnalta. Ei jauhoisilla näytteillä ei ole valkoisia, jyvämäisiä helposti hajoavia murusia pinnassaan. Vahvasti jauhoisilla on on runsaasti valkoisia jyvämäisiä murusia. On tärkeää arvioida ominaisuutta myös suussa.
Saksa	Das BSA, Bundessortenamt	Mehligkeit	X	Heikko jauhoisuus - vahva jauhoisuus
Ranska	Arvalis Institut du végétal	Farineuse	X	Hienoja hiukkasia, jauhomainen, täyteläinen
Belgia	Wallonie reserche CRA-W	Farineuse	X	Hienoja hiukkasia, jauhomainen, täyteläinen
Suomi	Perunantutkimuslaitos, Petla	Jauhoinen	*	Jauhoisuus on tyyppiluokittelu joka saadaan yhteistuloksena
Suomi	Potwell	Jauhoinen	*	Mittari arvioidaan keittohajoamisen yhteydessä yhtenä asteikon kuvailevana ominaisuutena.
Hollanti	HZPC		*	Jauhoisuus on tyyppiluokittelu joka saadaan yhteistuloksena
Sveitsi	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL	Mehligkeit	X	Ei ollenkaan jauhoinen - vahvasti jauhoinen
Ruotsi	Svensk Potatis		*	Jauhoisuus on tyyppiluokittelu joka saadaan yhteistuloksena
Ruotsi	Institutet för Livsmedel och Bioteknik	Mjölighet	X	ei jauhoinen - erittäin jauhoinen

**Karkeus/hienojakoisuus**

	Organisaatio	Termi	Käytössä	Kuvailut
Espanja	INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	Estructura	X	Hieno, melko hieno, melko karkea, karkea
Italia	ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tegnologica e la Ricerca Agroambientale	Granulazione	X	Hyvin hieno, hieno, melko hieno, melko karkea, karkea
Itävalta	AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH	Struktur des Körnes, Körnigkeit	X	Maistamisen aikana näyte hierotaan kielen ja kitalaen välissä. Hienorakeinen rakenne aiheuttaa tasaisen, hienojakoisen, sileän massan tunteen, kun taas karkea rakenne tuntuu voimakkaasti rakeiselta ja karkealta.
Saksa	Das BSA, Bundessortenamt	Struktur	X	Hieno, melko hieno, melko karkea, karkea
Ranska	Arvalis Institut du végétal	Granuleuse	X	Hienojakoisuus - Rakeisuus (suurempia kuin hienojakoiset hiukkaset, jotka mainitaan jauhoisen yhteydessä)
Belgia	Wallonie reserche CRA-W		X	Hienojakoisuus - Rakeisuus (suurempia kuin hienojakoiset hiukkaset, jotka mainitaan jauhoisen yhteydessä)
Suomi	Perunantutkimuslaitos, Petla			
Suomi	Potwell			
Hollanti	HZPC			

Sveitsi	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL	Struktur	X	Hieno - karkea
Ruotsi	Svensk Potatis			
Ruotsi	Institutet för Livsmedel och Bioteknik			

#### Koostumus, pehmeys - kovuus

	Organisaatio	Termi	Käytössä	Kuvailut
Espanja	INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria			
Italia	ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale	Consistenza (durezza)	X	Erittäin pehmeä, melko pehmeä, keskitason pehmeys, kova, erittäin kova - luja
Itävalta	AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH	Konsistenz des Fleisches, Festigkeit:	X	Mukulat halkaistaan haarukan reunalla painaen, ja havainnoidaan perunan rakenteen vastusta. Kiinteyttä voidaan arvioida myös kädellä tai suussa kielen ja kitlaen välissä.
Saksa	Das BSA, Bundessortenamt	Konsistenz	X	Erittäin kiinteä, kiinteä, löyhärakenteinen, erittäin löyhärakenteinen
Ranska	Arvalis Institut du végétal		X*	Kovuus: vastuksen tunne suussa. Mittari tutkimuskäytössä.
Belgia	Wallonie reserche CRA-W		*	*Kovuutta ei arvioida. Kiinteyks on tyyppiluokittelu joka saadaan yhteistuloksena
Suomi	Perunantutkimuslaitos, Petla		*	*Kovuutta ei arvioida. Kiinteyks on tyyppiluokittelu joka saadaan yhteistuloksena
Suomi	Potwell		*	*Mittari arvioidaan keittohajoamisen yhteydessä yhtenä asteikon kuvailevana ominaisuutena.
Hollanti	HZPC	Hardheid	X	Kovuus -pehmeys. Mitataan rakennemittarilla, kuinka suuri voima tarvitaan kypsän perunan pusertamiseen.
Sveitsi	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL	Konsistenz	X	Kiinteä - pehmeä
Ruotsi	Svensk Potatis		*	*Kovuutta ei arvioida. Kiinteyks on tyyppiluokittelu joka saadaan yhteistuloksena
Ruotsi	Institutet för Livsmedel och Bioteknik	Hårdhet/Fasthet	X**	Erittäin pehmeä - erittäin kiinteä. **Mittari on vanhassa tutkimusohjeistuksessa

#### Koostumus (kiinteä-löysä)

	Organisaatio	Termi	Käytössä	Kuvailut
Espanja	INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	Consistencia	X	Kiinteä, melko kiinteä, melko löysä, löysä
Italia	ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale			
Itävalta	AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH	Konsistenz	X	Kiinteä – keskitaso - löysä
Saksa	Das BSA, Bundessortenamt	Konsistenz	X	Kiinteä – keskitaso - löysä
Ranska	Arvalis Institut du végétal			Mittari on tutkimuskäytössä
Belgia	Wallonie reserche CRA-W		*	Kiinteyks tai jauhoisuus on mittausten yhteistulos, sitä ei mitata erikseen
Suomi	Perunantutkimuslaitos, Petla		*	Kiinteyks tai jauhoisuus on mittausten yhteistulos, sitä ei mitata erikseen

Suomi	Potwell			Ominaisuus määritetään yhtenä kuvailevana attribuuttina keittohajoamisen yhteydessä
Hollanti	HZPC			
Sveitsi	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL	Konsistenz	X	Kiinteä-pehmeä
Ruotsi	Svensk Potatis			Kiinteys tai jauhoisuus on mittausten yhteistulos, sitä ei mitata erikseen
Ruotsi	Institutet för Livsmedel och Bioteknik			Mittari on tutkimuskäytössä

### Vetisyys

	Organisaatio	Termi	Käy- tössä	Kuvailut
Espanja	INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	Humedad	X	Vetinen, kevyesti vetinen, Kevyesti kuiva, Kuiva
Italia	ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale	Umidità	X	Hyvin vetinen, vetinen, hiukan vetinen, melko kuiva, erittäin kuiva
Itävalta	AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH	Feuchtigkeit	X	Tarkastellaan murtumis- tai leikkauspintojen kosteutta asteikolla erittäin vetinen (= puristuu ulos solunestettä) - erittäin kuiva (=usein hienomuruinen mureneva pinta ilman havaittavaa kosteutta).
Saksa	Das BSA, Bundessortenamt	Feuchtigkeit	X	Vahvasti vetinen - heikosti vetinen
Ranska	Arvalis Institut du végétal		X	Sisältää tietyn määrän vettä. Vastakohta kuivalle, joka vaatii sylkeä nielemisen mahdollistamiseksi.
Belgia	Wallonie reserche CRA-W		X	Perunan malto tuntuu suussa vetiseltä
Suomi	Perunantutkimuslaitos, Petla	Kuivuus - vetisyys	X	Leikkauspintaa arvioidaan puristelemalla ja tunnustelemalla. Arvioidaan veden runsautta.
Suomi	Potwell		*	*Mittari arvioidaan keittohajoamisen yhteydessä yhtenä asteikon kuvailevana ominaisuutena.
Hollanti	HZPC			
Sveitsi	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL	Feuchtigkeit	X	Vetinen - Kuiva
Ruotsi	Svensk Potatis	Blötkokning	X	Heikko = malto on pintakostea ja keskellä on nestemäistä kraateria, jonka halkaisija on muutama mm. Voimakas = malto on löysä ja erittäin kostea.
Ruotsi	Institutet för Livsmedel och Bioteknik	Blöthet	(X*)	Ulkoisesti: Leikkaa peruna puolikkaiksi pituussuunnassa ja tarkastele puolikkaiden pintoja (ei ollenkaan märkä - erittäin märkä) Suutuntumalla suussa: Ei ollenkaan vetinen - erittäin vetinen.

### Tarttuvuus

	Organisaatio	Termi	Käy- tössä	Kuvailut
Espanja	INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria			



Italia	ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale	Collosa	*	Mittari saa vain maininnan, ei tarkempaa kuvausta.
Itävalta	AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH			
Saksa	Das BSA, Bundessortenamt			
Ranska	Arvalis Institut du végétal	Collante	X*	Tarttuu kitalakeen. *Mittari tutkimuskäytössä
Belgia	Wallonie reserche CRA-W			
Suomi	Perunantutkimuslaitos, Petla	Tarttuvuus	X	Tuoteita leikkauspintoja painellaan kevyesti yhteen ja arvoidaan syntyneiden liisteririhmojen määrää, venyvyyttä ja perunapintojen irrottamisen vastusta.
Suomi	Potwell			
Hollanti	HZPC			
Sveitsi	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL			
Ruotsi	Svensk Potatis			
Ruotsi	Institutet för Livsmedel och Bioteknik	Klistrighet	X**	Ei tarttuva - erittäin tarttuva. **Mittari on SIK:n ajalta.

#### Tasajakoisuus, homogeenisyys

---

Espanja	INIA, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria			
Italia	ASTRA Innovazione e Sviluppo s.r.l. Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale			
Itävalta	AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH			
Saksa	Das BSA, Bundessortenamt			
Ranska	Arvalis Institut du végétal	Homogène	*	Arvioidaan leikkauspinnasta. Yhtenäinen, tasainen malto. (oletettavasti tasaisesti jakautuneet tärkkelysjiyvät). Mittari tutkimuskäytössä.
Belgia	Wallonie reserche CRA-W			
Suomi	Perunantutkimuslaitos, Petla			
Suomi	Potwell			
Hollanti	HZPC	Zetmeelverdeling	X	Määritetään hyperspektrillä kuvantamisella.
Sveitsi	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL			
Ruotsi	Svensk Potatis			
Ruotsi	Institutet för Livsmedel och Bioteknik			



### LIITE 3: Tutkimuslomake

Arvioijan nimi: \_\_\_\_\_

## Tervetuloa arvioimaan perunoita!

Edessäsi on 7 keitettyä perunanäytettä, ja esillä on arvioinnissa tarvitsemasi apuvälineet. Tässä tutkimuksessa arvioit keitettyjä perunoita erilaisilla keittotyyppin mittareilla. Arviointi aloitetaan ensin arvioimalla näytteen ulkonäköä ja tunnustelemalla näytettä apuvälineiden avulla kohdissa 1 - 5. Sen jälkeen arviointia jatketaan tunnustelemalla näytteen rakennetta suussa kielen ja kitalaen välissä kohdissa 6 - 10.

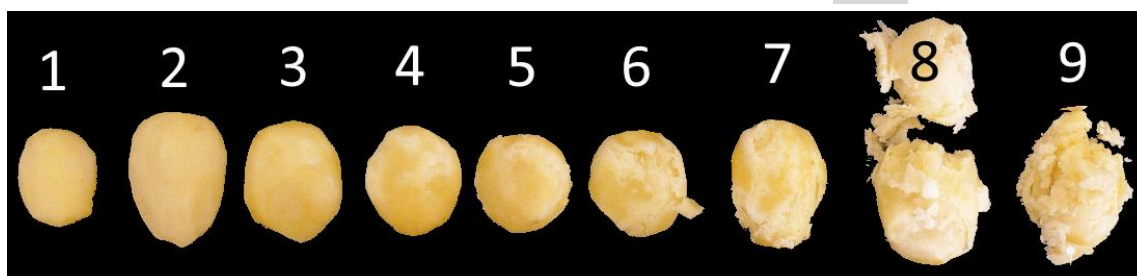
Kohdissa 1-5 arvioit aina yhtä ominaisuutta kerrallaan kaikille näytteille. Merkkää rastilla asteikolta sopiva kohta väliltä 0 – 9. Voit valita janalta minkä kohdan tahansa pystyviivoista ja numeroista välittämättä. Jokaisen mittarin kohdalla sinulle ohjeistetaan, miten toimit. Kohdissa 6 – 10 arvioit aina yhtä perunanäytettä kerrallaan, käyden ominaisuudet läpi, ja siirryt sitten seuraavaan näytteeseen.

Tarkista, että saamasi perunanäytteet ovat lomakkeella annetussa järjestyksessä. Etene rauhalliseen tahtiin ja huolellisesti. Mikäli sinulla on kysyttävää, kysy rohkeasti. Muista, että jokainen työskentelee itsenäisesti.

### 1. Keittohajoaminen

Tarkastele perunanäytteitä sinällään, kuten ne ovat tarjoilualustalla. Pisteytä jokainen perunanäyte annetussa järjestyksessä ulkonäön perusteella. Käytä hyväksi mallikuvaa. Ruksaa arviosi janalle mihin kohtaan tahansa.

	Täysi n ehjä	Melkei n ehjä	Lieväs ti rikki	Melko hajonn ut	Täysin hajonn ut	Ei osaa sano a	Arviointitarkennuk set:				
Näyt e											
040	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1 Täysin ehjä. Perunan pinta on ehyt.
377	1	2	3	4	5	6	7	8	9		3 Melkein ehjä. Hyvin vähän rikkiniäisyyttä.
924	1	2	3	4	5	6	7	8	9		5 Lievästi rikki. Pinta on selvästi rikki, mutta perunan muoto on vielä säilynyt.
261	1	2	3	4	5	6	7	8	9		7 Melko hajonnut. Lohkeava, helposti hajoava pienestä täräyksestä.
598	1	2	3	4	5	6	7	8	9		9 Kokonaan hajonnut. Perunaa ei saa ehjänä kattilasta.
145	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
482	1	2	3	4	5	6	7	8	9		





3. Jauhoisuus

Arvioi perunan jauhoisuus murskaamalla palanen perunaa haarukalla. Tarkastele murskattua perunaa, ja vertaa sitä annettuihin referenssinäytteisiin. Puhdista haarukka näytteiden välillä kostealla liinalla.

Näyte	Arviointitarkennus									Ankkuri
	Ei ollenkaan	Heikosti jauhoinen	Melko jauhoinen	Jauhoinen	Erittäin jauhoinen	1	2	3	4	
040	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ei ollenkaan jauhoinen. <b>Ankkuri: Keitetty porkkana.</b>
377	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3 Heikosti jauhoinen
924	1	2	3	4	5	6	7	8	9	5 Melko jauhoinen
261	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7 Jauhoinen
598	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9 Erittäin jauhoinen. <b>Ankkuri: Lady finger -keksi</b>
145	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
482	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

## 4. Perunan hienojakoisuus/karkeus

Arvioi nyt perunan karkeutta tarkastelemalla perunan leikkauspintaa. Tee arvio vertaamalla näytettä ohaiseen mallikuvaan ja sanallisiin kuvauksiin.

	Erittäin hieno- jakoinen	Hieno- jakoinen	Ei hieno eikä karkea	Karkea	Erittäin karkea	Ei osaa sanoa	Arviointitarkennus				
Näyte	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
040	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1 Erittäin hienojakoinen. Leikkauspinta on sileä, pieni halkeama keskellä ei häiritse.
377	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
924	1	2	3	4	5	6	7	8	9		3 Hienojakoinen. Pieniä halkeamia reunassa.
261	1	2	3	4	5	6	7	8	9		5 Ei hienojakoinen eikä karkea. Jonkin verran halkeamia.
598	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
145	1	2	3	4	5	6	7	8	9		7 Karkea. Selviä halkeamia, kuivahko.
482	1	2	3	4	5	6	7	8	9		9 Erittäin karkea. Pinta näyttää kauttaaltaan halkeilevalta, kuivalta ja kuituiselta.

1



5



9



## 5. Vetisyys

Tarkastele perunan leikkuupintaa ja sen kosteutta/ kuivuutta. Voit myös puristaa näytettä ja tarkastella irtoaako siitä kosteutta. Arvioi perunanäytteen vetisyys tai kuivuus oheisen mallikuvan mukaan sekä käyttämällä annettuja ankkureita arvoille 1 ja 9.

	Hyvin vetinen		Hiukan vetinen		Ei erityisen kuiva eikä vetinen		Melko kuiva		Erittäin kuiva		Ei osaa sanoa	Arviointitarkennus
Näyte												
040	1	2	3	4	5	6	7	8	9			1 Hyvin vetinen. <b>Ankkuri: vesimeloni</b>
377	1	2	3	4	5	6	7	8	9			3 Hiukan vetinen
924	1	2	3	4	5	6	7	8	9			5 Ei erityisen kuiva eikä vetinen
261	1	2	3	4	5	6	7	8	9			7 Melko kuiva
598	1	2	3	4	5	6	7	8	9			9 Erittäin kuiva <b>Ankkuri: Cream Cracker</b>
145	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
482	1	2	3	4	5	6	7	8	9			



Kuva 16. Hiukan vetinen (3)



Kuva 17. Ei erityisen kuiva eikä vetinen (5)



Kuva 18. Kuivuus 6



Kuva 19. Melko kuiva 7



Kuva 20. Kuivuus 8



Kuva 21. Kuiva (9)

## Arviointi suutuntumalla, puraisemalla ja tunnustelemalla kielen ja kitalaen välissä

Seuraavaksi arvioidaan perunan rakennetta tunnustelemalla palasta perunaa suussa. Etene nyt siten, että arvioit kaikki seuraavat viisi ominaisuutta (kohdat 6 -10) yhdelle perunanäytteelle kerrallaan. Eli tunnustele ominaisuuksia kielen ja kitalaen välillä ohjeiden mukaan, kunnes olet käynyt kaikki (kohdat 6-10) läpi, ja siirry sitten seuraavaan näytteeseen aloittaen jälleen kohdasta 6.

### 6. Perunan kovuus, arviointi suutuntumalla

Ota pala perunaa, puraise sitä, ja arvioi sen leikkausvastusta vertaamalla annettuihin ankkureihin.

Näyte	Suuri vastus		Selkeästi vastusta		Jonkin verran vastusta		Hiukan vastusta		Ei ollenkaan vastusta	Ei osaa sanoa	Arviointitarkennukset:
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
040											<b>1</b> Suuri vastus, kova, raa'an tuntuinen. <b>Ankkuri: al dente porkkana.</b>
377											<b>3</b> Selkeästi vastusta, kovahko mutta riittävän pehmeä syötäväksi.
924											<b>5</b> Jonkin verran vastusta, ei kova eikä pehmeä
261											<b>7</b> Hiukan vastusta. Hyvin pehmeä.
598											<b>9</b> Ei ollenkaan vastusta. Erittäin pehmeä. <b>Ankkurii: ylikypsä banaani.</b>
145											
482											



## 7. Jauhoisuus, arviointi suutuntumalla

Arvioi perunan jauhoisuus murskaamalla pala perunan **reunasta/pinnasta** kielen ja kitlaen välissä. Jauhoisuus on murenemisen aste, joka havaitaan, kun peruna murtuu kielen ja kitlaen välillä.

Näyte	Arviointitarkennus									Osa sanpa	Arvioinnin sanpa
	Ei ollenkaan	Heikosti jauhoinen	Melko jauhoinen	Jauhoinen	Erittäin jauhoinen						
040	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1 Ei ollenkaan jauhoinen. <b>Ankkuri: Keitetty porkkana.</b>
377	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
924	1	2	3	4	5	6	7	8	9		3 Heikosti jauhoinen
261	1	2	3	4	5	6	7	8	9		5 Melko jauhoinen
598	1	2	3	4	5	6	7	8	9		7 Jauhoinen
145	1	2	3	4	5	6	7	8	9		9 Erittäin jauhoinen. <b>Ankkuri: Lady finger keksi</b>
482	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

## 8. Rakenteen tasajakoisuus

Tutki nyt perunan rakenteen eroja tunnustelemalla kielen ja kitlaen välissä **perunan keskiosaa**.

Arvioi rakenteen tasajakoisuus vertaamalla sitä äsken tunnustelemaasi perunan reunaosaa.

	Suuri ero	Melko suuri ero	Jonkin verran eroa	Hiukan eroa	Ei ollenkaan eroa	Ei osaa sanoa	Arviointitarkennus						
Näyte													
040	1	2	3	4	5	6	7	8	9			1	Suuri ero, selvästi erottuvat rakenteet. Toinen kuiva ja toinen kostea.
377	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
924	1	2	3	4	5	6	7	8	9			3	Melko suuri ero, erottuvat rakenteet, toinen kuivahko, toinen kosteahko
261	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
598	1	2	3	4	5	6	7	8	9			5	Jonkin verran eroa.
145	1	2	3	4	5	6	7	8	9			7	Hiukan eroa.
482	1	2	3	4	5	6	7	8	9			9	Ei ollenkaan eroa. Rakenteet samanlaisia.

## 9. Vetisyys, arviointi suutuntumalla

Pisteytä nyt perunan vetisyys/kuivuus tunnustelemalla kielen ja kitalaen välissä, ja arvioimalla perunanäytettä kokonaisuutena. Käytä apuna arvioinnissa ankkureita vesimeloni ja cream cracker.

	Hyvin vetinen		Hiukan vetinen		Ei erityisen kuiva eikä vetinen		Melko kuiva		Erittäin kuiva		Arviointitarkennukset:
Näyte	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1 Hyvin vetinen. <b>Ankkuri: vesimeloni</b>
040											
377											3 Hiukan vetinen
924											5 Ei erityisen kuiva eikä vetinen
261											
598											7 Melko kuiva
145											9 Erittäin kuiva <b>Ankkuri: Vesikeksi</b>
482											

## 10. Perunan hienojakoisuus/karkeus, arviointi suutuntumalla

Arvioi nyt perunan karkeutta. Sileä ja hienojakoinen peruna levittyy tasaisesti kielen ja kitlaen välille, kun solut ovat irtonaisia. Karkea ja kuituinen tuntuu karkeana rakenteena, kuin solujen seinämät olisivat vielä kiinni toisissaan.

	Erittäin hieno- jakoinen		Hieno- jakoinen		Ei hieno eikä karkea		Karkea		Erittäin karkea
Näyte									
040	1	2	3	4	5	6	7	8	9
377	1	2	3	4	5	6	7	8	9
924	1	2	3	4	5	6	7	8	9
261	1	2	3	4	5	6	7	8	9
598	1	2	3	4	5	6	7	8	9
145	1	2	3	4	5	6	7	8	9
482	1	2	3	4	5	6	7	8	9

### Arviointitarkennukset:

- 1** Erittäin hienojakoinen. Peruna levittyy kielen ja kitlaen välillä tasaisena massana.  
**Ankkuri: perunasose.**
- 3** Hienojakoinen.
- 5** Ei hienojakoinen eikä karkea.
- 7** Karkea. Kuivahko. Suussa tuntuu kuituista ja karkeaa rakennetta.
- 9** Erittäin karkea. Suussa tuntuu selkeästi karkeaa ja kuituista rakennetta.  
**Ankkuri: Rouheinen sämpylä**

*Kiitos arvioinnista!*

Voit jättää tähän avointa palautetta ja kommenttia tästä arvioinnista:

---

---

---

---

---

---

---

---

**LIITE 4: Suostumuslomake aistinvaraiseen tutkimukseen**

Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto, Aistinvaraisen tutkimuksen laboratorio  
 PL 66 (Agnes Sjöbergin katu 2, EE-talo, 2. krs), 00014 Helsingin yliopisto

**Tiedote tutkimuksesta ja suostumus osallistua aistinvaraiseen tutkimukseen****Aistinvaraisen tutkimuksen yleiset periaatteet**

Elintarvikkeiden aistinvaraisella tutkimuksella kerätään tietoa elintarvikkeiden ominaisuuksista tai vastaajien suhtautumisesta niihin. Tietoa kerätään aistien avulla: katsomalla, tunnustelemalla, haistamalla ja suutuntumalla elintarvikenäytteitä tai niiden aineosia. Näytteiden valmistuksessa noudatetaan hyvää elintarvikehygieniaa. Kokeen alussa kerromme tutkimuksen tarkoituksen osallistujille siten kuin on mahdollista olematta johdatteleva. Kokeen jälkeen voidaan järjestää palautetilaisuus, jossa kerrotaan tarkemmin tutkimuksen tavoitteista ja tuloksista. Tarvittaessa osallistujat voivat pyytää tutkimuksen tietoja sähköpostitse. Tutkittavien henkilötietoja käsitellään ehdottoman luottamuksellisesti ja erillään varsinaisesta tutkimusaineistosta.

**Suostumuksen yleisperiaate**

Tällä suostumuksella koehenkilö lupautuu noudattamaan kokeessa annettuja ohjeita. Tutkimukseen osallistumisesta on oikeus kieltäytyä. Osallistujilla on myös oikeus keskeyttää osallistumisensa milloin tahansa kokeen aikana. Keskeyttämistä ei tarvitse perustella eikä keskeyttäminen vaikuta keskeyttäjän kohteluun. Keskeyttäneen koehenkilön antamia tietoja ei käytetä tutkimuksessa.

**Tietoja tutkimuksesta, johon koehenkilö suostuu allekirjoittaessaan tämän suostumuksen**

Tutkimuksen nimi: **Perunan eurooppalaiset keittolaatukokeet**

Aikaväli, jolla kokeet tehdään: **26.03.-28.03.2019**

Näytteiden laatu ja määrä: **Keitetty peruna, 7 eri lajiketta**

Näytteiden nieleminen: **Ei välttämätöntä.**

Koekertojen määrä ja kesto: **1 koulutuskerta, 2 aistinvaraista arviointia**

Mahdollisesti allergiaa tai yliherkkyyttä aiheuttavat aineosat: **Näytteet puhdasta perunaa, ei muita ainesosia.**

Tutkimuksesta vastaava tutkija: **Laila Matikainen**

Vastaavan tutkijan yhteystiedot: **laila.matikainen@helsinki.fi**

**Suostumus**

Olen saanut riittävät tiedot tästä tutkimuksesta ja varmistunut siitä, että näytteet eivät sisällä minulle allergiaa tai yliherkkyyttä aiheuttavia aineita. Suostun osallistujaksi vapaaehtoisesti ja vastauksiani saa käyttää tutkimuksellisiin tarkoituksiin.

Seinäjoella 26.03.2019

---

**Allekirjoitus\***

---

**Nimenselvennös\***

Sähköpostiosoite: \_\_\_\_\_

**Liite 5.**  
**Aistinvaraisen arvioinnin raadin**  
**koulutusmateriaali.**  
**26.03.2019**



### Aikataulu

Sanastokoulutus

- 26.03. kello 16:15 – 18:00

Arvioinnit

- 27.03. kello 14-16 tai 16-18
- 28.03. kello 12-14 tai 16-18

Kunthälsä-käyttö ja hyöty -ohjelma

Välillä EU:lta 2014-2020

Laila Mäkeläinen 22.7.2019

### Käytettävä arviointimenetelmä

- Kuvaileva menetelmä: Yhteisesti sovitut yksiselitteiset arviot
- Käytetään olemassa olevaa perunan laatuarvioinnin sanastoa.
- Opetellaan ymmärtämään ja käyttämään sanastoa perunan keittotyyppin ominaisuuksien arvioinnissa.
- Raadin jäsenten tulisi ymmärtää sanat samalla tavalla.

Kunthälsä-käyttö ja hyöty -ohjelma

Välillä EU:lta 2014-2020

Laila Mäkeläinen 22.7.2019

### Referenssinäytteet

- Arvioinnin ankkureina käytetään vertailunäytteitä, jotka tuovat mielikuvaa kyseisestä ominaisuudesta.



Kunthälsä-käyttö ja hyöty -ohjelma

Välillä EU:lta 2014-2020

Laila Mäkeläinen 22.7.2019

### Koulutusmateriaalit

- Keltetty
  - Kintea
  - Yleisperuna
  - Jauhoinen peruna
- Referenssinäytteet
  - Vesikeksi (Cream Cracker)
  - Vesimeloni
  - Ylikypsä banaani
  - Al-dente porkkana
  - Keitetty porkkana
  - Wilhelmia keksi
  - Lady finger (savoiardi) keksi

Kunthälsä-käyttö ja hyöty -ohjelma

Välillä EU:lta 2014-2020

Laila Mäkeläinen 22.7.2019

Keski-Euroopassa standardiksi muodostuneet keittolaadun määrittelyt, Winger & Ludwig, 1974

KEITTOHAJOAVUUS	Täysin ehä	Heman pinta rikki	Voimakkaasti hajonnut	Täysin rikki hajonnut
KINTEYS	Kintea	Kohkeasti kintea	Melko pehmeä	Pehmeä, epätasainen koostumus
JAUHOISUUS	Ei jauhoista	Helkosti jauhoista	Jauhoista	voimakkaasti jauhoista
VETISYYS	Vedon	Helkosti vedon	melko kuiva	kuiva
TEKSTUURI	Hennojakoinen	Melko hennojakoinen	Melko karkaa	Karkaa
VÄRI	W1 = puhtaan valkoinen W2 = harmaan valkoinen W3 = keltävään valkoinen	G1 = valkean keltaisen G2 = keltaisen G3 = syvän keltaisen		
MAKU	Ei maku	Helkko maku	voimakas maku	erittäin voimakas maku

Tässä työssä keskitytään nimenomaan perunan rakenteellisiin ominaisuuksiin, joiden perusteella valitaan keittotyyppi

Kunthälsä-käyttö ja hyöty -ohjelma

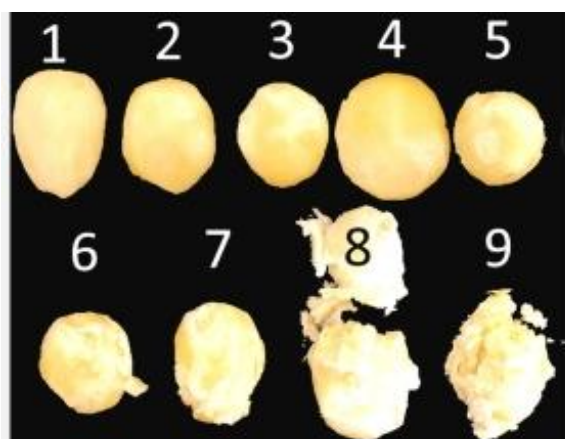
Välillä EU:lta 2014-2020

Laila Mäkeläinen 22.7.2019

### Keittohajoavuus

- Ominaisuuden arvioinnissa käytetään apuna kuvaa, ja näyte pisteytetään mallin mukaan.
- Arvio perunanäytteen keittohajoavuus mallikuvan avulla, ja välitse asteikolta sopiva kohta väliltä 0 - 9



### Kovuus

- Perunan kovuus tai pehmeys määritetään
  - leikkaamalla peruna keskeltä halki.
  - puolipinnalla.
- Kovuus arvioidaan leikkausvastuksena
  - On suuri vastus, rasaa
  - On melko suuri vastus, kova, rasaa tuntuinen
  - Al dentin porkkana
  - 2-melko kova, halitaitin ja dieli auttelevin
  - 3-melko kova leikkausvastusta, kova, mutta nistää kytänsä
  - 4-melko kova leikkausvastusta, ok, kytänsä
  - 5-jonkin vaimon leikkausvastusta, ei kova eikä pehmeä
  - 6-melko kova leikkausvastusta, pehmeä
  - 7-melko kova leikkausvastusta, hyvin pehmeä
  - 8-melko kova leikkausvastusta, pehmeä
  - 9-melko kova leikkausvastusta, pehmeä

**Yhtäältä**

EU-tila 2014-2020

### Jauhoisuus silmämääräisesti

- Jauhoisuus on murenenen aste, joka havaitaan, kun peruna murtuu haanukan alla.
- Ota pala reunasta ja arvioi perunan jauhoisuus murskaamalla sitä haanukalla.

**Arviointi**

- 1: ei jauhoisuus (keltetty porkkana)
- 9: erittäin jauhoisuus (Savolampi kekki)

Kuohkeaa karkaa ja hyötä -ohjelma

EU-tila 2014-2020

### Jauhoisuus, suutuntuman perusteella

- Murenenen aste, joka havaitaan, kun peruna murtuu kielen ja kitaleen välillä.
- Arvioi perunan jauhoisuus murskaamalla pala perunan reunasta kielen ja kitaleen välillä.

**Arviointi**

- 1: ei jauhoisuus
- 2: melko jauhoisuus
- 3: melko jauhoisuus
- 4: melko jauhoisuus
- 5: jauhoisuus
- 6: jauhoisuus
- 7: jauhoisuus
- 8: jauhoisuus
- 9: erittäin jauhoisuus. Referenssi: Savolampi kekki (Ladyfinger)

Kuohkeaa karkaa ja hyötä -ohjelma

EU-tila 2014-2020

### Rakenteen tasaisuus

- Perunassa on luontaisesti eroja reunan ja keskiosan välillä. Mutta kuinka suuria eroja, sitä tulet arvioimaan.
- Tutki perunan rakenteen eroja tunnuksella kielen ja kitaleen välillä perunan keskiosaa. Arvioi rakenteen tasaisuus vertaamalla sitä jauhoisuuden määrittämisessä tunnuksella perunan reunasta.

**Arviointi**

- 1: Suuri ero, tasaisuus erittäin alhainen. Toinen kuitu ja toinen kuitu
- 2: Suuri ero, tasaisuus alhainen, kuitu kuitu, toinen kuitu
- 3: Suuri ero, tasaisuus alhainen, kuitu kuitu, toinen kuitu
- 4: Suuri ero, tasaisuus alhainen, kuitu kuitu, toinen kuitu
- 5: Suuri ero, tasaisuus alhainen, kuitu kuitu, toinen kuitu
- 6: Suuri ero, tasaisuus alhainen, kuitu kuitu, toinen kuitu
- 7: Suuri ero, tasaisuus alhainen, kuitu kuitu, toinen kuitu
- 8: Suuri ero, tasaisuus alhainen, kuitu kuitu, toinen kuitu
- 9: Ei eroja, tasaisuus erittäin korkea

Kuohkeaa karkaa ja hyötä -ohjelma

EU-tila 2014-2020

### Tekstuuri

**SILEÄ/KARKEA**

**sileä/kuohkea**

- Perunan tekstuuri karkaa ja hienojakoisuus ymmärtää perunan rakenteen ja kuitumaisen koostumuksen. Paras tapa arvioida tekstuuria on hieroa perunan palan kielen ja kitaleen välillä. Karkuus voidaan havaita myös visuaalisesti.

Kuohkeaa karkaa ja hyötä -ohjelma

EU-tila 2014-2020

### Rakenteen hienojakoisuus ja karkuus visuaalisesti

**Arviointi**

- 1: Erittäin hienojakoinen. Leikkaus on sileä, pien kuitumainen kuitu ja kuitu
- 2: Hienojakoinen. Pieni kuitumainen kuitu
- 3: Hienojakoinen. Pieni kuitumainen kuitu
- 4: Hienojakoinen. Pieni kuitumainen kuitu
- 5: Hienojakoinen. Pieni kuitumainen kuitu
- 6: Hienojakoinen. Pieni kuitumainen kuitu
- 7: Hienojakoinen. Pieni kuitumainen kuitu
- 8: Hienojakoinen. Pieni kuitumainen kuitu
- 9: Erittäin karkaa. Pieni kuitumainen kuitu, kuitu ja kuitu

### Rakenteen hienojakoisuus /karkuus

- Arvioi nyt perunan tekstuuria suussa:
- Sileä ja hienojakoinen peruna levittyy tasaisesti kielen ja kitaleen välillä, kun solut ovat irtonaisia.
- Karkea ja kuituinen tuntuu karkeana rakenteena, kuin solujen seinämät olisivat vielä kiinni toisissaan.

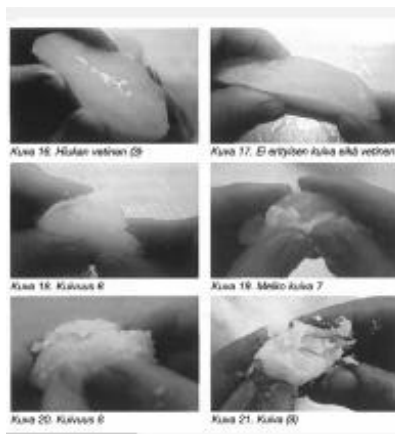
**Arviointi**

- 1: Erittäin hienojakoinen. Peruna levittyy kielen ja kitaleen välillä tasaisesti massana.
- 2: Hienojakoinen.
- 3: Hienojakoinen.
- 4: Hienojakoinen.
- 5: Hienojakoinen.
- 6: Hienojakoinen.
- 7: Hienojakoinen.
- 8: Hienojakoinen.
- 9: Erittäin karkaa. Suussa tuntuu sileästä karkasta ja kuitumaisesta rakenteesta.

Kuohkeaa karkaa ja hyötä -ohjelma

EU-tila 2014-2020

## Vetisyys visuaalisesti



- Kun kiehdytetyä hilloistua perunaa punnitaan sivulta, vetinen perunan liikkeellä punnettu nestettä.
- Jos peruna on kuiva, se vain hajoaa.
- Tuuluvan nesteen läsnäolo leikkauksella punnittaessa.
- Käytä apuna maitokuria.

1. Kovan vetinen. Jämsän vesimäärä.
2. Kovan vetinen.
3. Kiehdytetyä perunaa punnitaan.

Kuvio 16. Kuvan vetinen (S)  
Kuvio 17. Erikoisen kovan siltä vetinen (S)  
Kuvio 18. Kuvan S  
Kuvio 19. Maito kovan 7  
Kuvio 20. Kuvan S  
Kuvio 21. Kuvan (S)

EUROOPAN UNIONIN  
MAATALOUS- JA  
KALASTUKSEN  
KORJAUS- JA  
KEHITYSRAHOITUS  
2014-2020

## Perunan vetisyys maistamalla suussa



- Jos peruna on kuiva, se vaatii syvää maistettaessa.
- Kosteaa vetinen peruna on valmiiksi märkä.

10/2018  
Esimies: Järvelin



## Liite 6: Muuntoasteikot PCA-analyysiä varten:

Taulukko 32. Rakennemittarilla mitatun kovuuden muuntotaulukko

	Kovuus, voima kg	Keskih	Muunto Unscr
Annabelle	0,19	0,018007	2,708247
Afra	0,36	0,097914	5,012721
Albatros	0,45	0,136339	6,414881
Melody	0,21	0,026786	3,005727
Rosamunda	0,26	0,087415	3,72666
Soraya	0,13	0,009089	1,858484
Gala	0,24	0,055271	3,415514

Taulukko 33. Tärkkelyspitoisuuden muuntotaulukko

SpW	Tärkkelysp	Skaalattu	SpW	Tärkkelysp	Skaalattu
1,071	12	2,4	1,095	17,12	5,76
1,072	12,2	2,54	1,096	17,33	5,9
1,073	12,5	2,68	1,097	17,54	6,04
1,074	12,7	2,82	1,098	17,76	6,18
1,075	12,9	2,96	1,099	17,97	6,32
1,076	13,1	3,1	1,1	18,18	6,46
1,077	13,3	3,24	1,101	18,39	6,6
1,078	13,5	3,38	1,102	18,60	6,74
1,079	13,7	3,52	1,103	18,82	6,88
1,08	13,9	3,66	1,104	19,03	7,02
1,081	14,1	3,8	1,105	19,30	7,16
1,082	14,4	3,94	1,106	19,47	7,3
1,083	14,6	4,08	1,107	19,68	7,44
1,084	14,79	4,22	1,108	19,90	7,58
1,085	14,99	4,36	1,109	20,11	7,72
1,086	15,21	4,5	1,11	20,32	7,86
1,087	15,42	4,64	1,111	20,54	8
1,088	15,63	4,78	1,112	20,75	8,14
1,089	15,85	4,92	1,113	20,96	8,28
1,09	16,06	5,06	1,114	21,18	8,42
1,091	16,27	5,2	1,115	21,39	8,56
1,092	16,48	5,34	1,116	21,61	8,7
1,093	16,69	5,48	1,117	21,82	8,84
1,094	16,91	5,62	1,118	22,03	8,98

Taulukko 34. Keittohajoamisen muuntotaulukko

	L* stdev	Skaalattu
Annabelle	2,294	3,547
Afra	2,028	2,694
Albatros	2,727	4,937
Melody	1,830	2,057
Rosamunda	3,119	6,192
Soraya	1,532	1,103
Gala	3,041	5,943

Taulukko 35. Tärkkelyksen sijoittumisen eroavaisuuksien muuntotaulukko

	Erot	Skaalattu
Annabelle	5,979	4,706
Afra	8,328	2,746
Albatros	10,641	3,422
Melody	8,594	3,819
Rosamunda	10,785	4,050
Soraya	7,725	4,187
Gala	12,044	3,439